



**TUGAS AKHIR- TL 141584**

**PENGARUH PROSES ALKALI DAN FRAKSI MASSA  
SERAT TERHADAP MORFOLOGI, KEKUATAN  
LENTUR DAN KOEFISIEN ABSORBSI SUARA  
KOMPOSIT POLYURETHANE/COIR FIBER PADA  
KOMPONEN MUFFLER**

**YUSUF SULTONI  
NRP. 2712 100 019**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - TL 141584**

**EFFECT OF ALKALI PROCESS AND MASS  
FRACTION ON MORPHOLOGY, BENDING  
STRENGTH AND SOUND ABSORPTION  
COEFFICIENTS OF COMPOSITE POLYURETHANE  
/ COIR FIBER IN PART OF MUFFLER**

**YUSUF SULTONI  
NRP. 2712 100 019**

**Advisor  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALLURGICAL  
ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**PENGARUH PROSES ALKALI DAN FRAKSI MASSA  
TERHADAP MORFOLOGI, KEKUATAN BENDING  
DAN KOEFISIEN ABSORBSI SUARA KOMPOSIT  
POLYURETHANE/COIR FIBER PADA KOMPONEN  
MUFFLER**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**YUSUF SULTONI**  
**NRP. 2710 100 019**

Disetujui Oleh Tim Pembimbing Akhir:

Ir. Moh. Farid, DEPT. TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER.....(Pembimbing I).

Alvian Toto Wibisono, ST., MT.....(pembimbing II)



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# **PENGARUH PROSES ALKALI DAN FRAKSI MASSA TERHADAP MORFOLOGI, KEKUATAN BENDING DAN KOEFISIEN ABSORPSI SUARA KOMPOSIT POLYURETHANE/COIR FIBER PADA KOMPONEN MUFFLER**

**Nama Mahasiswa : Yusuf Sultoni**  
**NRP : 2712100019**  
**Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA.**  
**Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T.**

## **Abstrak**

*Komposit merupakan salah satu material yang dikembangkan sebagai penyerap suara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh proses alkali dan fraksi massa terhadap morfologi, stabilitas thermal, kekuatan bending dan nilai koefisien absorpsi suara pada komponen muffler. Penelitian ini menggunakan komposit polyurethane/coco fiber dengan fraksi massa serat sebesar 2,5%, 5% dan 7,5% dan direndam selama 24 jam dengan NaOH. Pengujian absorpsi suara dilakukan dengan metode Tabung Impedansi. Kondisi morfologi dari material diamati dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy. Nilai  $\alpha$  tertinggi didapatkan pada spesimen PU+5%CFnonalkalinated dan PU+2,5%CFalkalinated dengan nilai 0,444. Polyurethane memiliki kekuatan lentur sebesar 14,1 MPa. Penambahan serat dan proses alkali pada komposit akan menyebabkan kekuatan lentur meningkat. Polyurethane memiliki foam yang bersifat closed cell. Penambahan serat akan menyebabkan foam menjadi tidak teratur dan mengecil.*

**Kata kunci:** Komposit, proses alkalisasi, polyurethane, coco fiber

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



# **EFFECT OF ALKALI PROCESS AND MASS FRACTION ON MORPHOLOGY, BENDING STRENGTH AND SOUND ABSORPTION COEFFICIENTS OF COMPOSITE POLYURETHANE / COIR FIBER IN PART OF MUFFLER**

**Name** : Yusuf Sultoni  
**NRP** : 2712100019  
**Department** : Teknik Material dan Metalurgi  
**Advisor** : Ir. Moh. Farid, DEA.  
Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T.

## **Abstrak**

*Composite is one of the materials developed as a sound absorber. The purpose of this study was to analyze the effect of alkali process and the mass fraction of the morphology, thermal stability, bending strength and sound absorption coefficient values on this muffler. Material was composite polyurethane / coco fiber by fiber mass fraction of 2,5%, 5% and 7,5 % and soaked for 24 hours with NaOH. Sound absorption testing performed by Impedance Tube method. Conditions morphology of the material was observed using Scanning Electron Microscopy. The highest value obtained on specimens  $\alpha + 5\%$  CFnonalkalinated PU and PU + 2.5% CFalkalinated with a value of 0.444. Polyurethane has a flexural strength of 14.1 MPa. The addition of alkali in the fiber and composite process would cause increased flexural strength. Polyurethane has a closed cell foam that is. The addition of fiber will cause the foam becomes irregular and shrinking.*

**Keywords:** *Composites, alkalization process, polyurethane, coco fiber*

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Proses Alkali dan Fraksi Massa Terhadap Morfologi, Kekuatan Bending dan Koefisien Absorpsi Suara Komposit Polyurethane/Coir Fiber pada Komponen Muffler”**, sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Shalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga serta para sahabatnya yang senantiasa turut berjuang di jalan Allah SWT.

Selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan dukungan baik moriil maupun materiil
2. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan dukungan, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Alvian Toto Wibisono ST., MT selaku dosen pembimbing 2 yang telah sabar dalam memberikan dukungan, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS
5. Bapak Sutarsis, ST, MSc selaku dosen wali penulis
6. Dosen Tim Penguji seminar dan sidang serta Seluruh Dosen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS
7. Pak Moko, Pak Tus, Mas Ari, Mas Antok, Pak Tari, Cak Bas, Mas Asman, Mas Dayat, Mas Ridho' yang telah membantu selama masa ETS maupun EAS.
8. Keluarga HMMT Dan dulur-dulur ku MT 14

9. Erdin, Astrit, Lege, Qom-qom, Mas Aun dan Mas Dede selaku teman seperjuangan penghuni Laboratorium Manufaktur
10. Klepon, Ibab, Ucup baihaqi, dan saudara satu warkop yang senantiasa menjadi teman menikmati kopi.
11. Icha Ady Ristanti atas jasa percetakan gratis
12. Dwi Mardika Lestari atas jasa rental laptop gratis
13. Icha Fachrunnisah atas jasa peminjaman printer untuk mencetak laporan tugas akhir.
14. Mbak Innez, Mas Kempol, Mas Donny, Mas Begi, Mas Brutus, Mas Ari, Mas Akbar, Mas Ating, Mas Wipri, Mas Hotang, Mas Mufti, Mas Bagas beserta keluarga besar IKAMAT yang selalu meminta untuk segera lulus.
15. Feri, Emas, Wisko, Sonny dkk yang menjadi teman galau mengerjakan tugas akhir.
16. Keluarga Dagri BEM ITS.
17. Teman-teman kos BRI dan kos Bibot yang telah mendampingi selama masa kuliah.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Harapannya pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberi saran atau kritik untuk kemajuan teknologi di masa yang akan datang.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xi

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit .....	5
2.1.1 Klasifikasi Komposit .....	8
2.1.2 Serat .....	11
2.1.2 Matriks .....	13
2.1.3 Faktor Ikatan Fiber-Matriks.....	15
2.2 Hukum Pencampuran .....	15
2.3 Polyurethane .....	16
2.3.1 Polyurethane Foam .....	19
2.4 Serat Kelapa .....	20
2.4.1 Sellulose.....	22
2.4.2 Lignin.....	23
2.4.3 Proses Alkalisasi pada Serat Kelapa .....	23
2.5 Knalpot.....	24
2.6 Bunyi.....	28
2.7 Sifat Akustik .....	31
2.8 Material Akustik .....	32

2.9 Koefisien Serap Bunyi .....	37
2.10 Komposit Sebagai Material Akustik .....	41

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	45
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian .....	46
3.2.1 Bahan Penelitian .....	46
3.2.2 Peralatan Penelitian.....	47
3.3 Variabel Penelitian.....	50
3.4 Rancangan Penelitian .....	51
3.5 Metode Penelitian .....	52
3.5.1 Persiapan Bahan .....	52
3.5.1.1 Pengolahan Serat Kelapa .....	52
3.5.1.2 Pengolahan Matriks Polyurethane .....	53
3.5.1.3 Pembuatan Cetakan.....	53
3.5.1.4 Pembuatan Komposit.....	53
3.5.2 Proses Pengujian.....	53
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Serap Suara .....	54
3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM).....	55
3.5.2.3 Pengujian Lentur .....	57
3.5.2.4 Pengujian FTIR.....	58
3.5.2.5 Pengujian Densitas.....	59

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Analisis FTIR .....	61
4.2 Analisis Morfologi .....	73
4.3 Analisis Densitas Komposit .....	75
4.4 Analisis Koefisien Absorpsi Suara.....	76
4.5 Analisis Kekuatan Lentur.....	82

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	85
5.2 Saran .....	85

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Pembentukan Komposit.....	6
Gambar 2.2 Klasifikasi Material Komposit.....	8
Gambar 2.3 Komposit Partikel.....	9
Gambar 2.4 Komposit Serat.....	9
Gambar 2.5 Komposit Laminat.....	10
Gambar 2.6 Komposit serat satu arah.....	12
Gambar 2.7 Klasifikasi Jenis Matriks pada Komposit .....	14
Gambar 2.8 Gugus Isocyanate (a) dan Gugus Hidroksil (b) .....	18
Gambar 2.9 Gugus Fungsi Polyurethane.....	18
Gambar 2.10 Mikrostruktur Polyurethane.....	19
Gambar 2.11 Mikrostruktur Polyurethane Foam.....	20
Gambar 2.12 Sabut Kelapa (a) dan Serat sabut Kelapa (b) .....	22
Gambar 2.13 Struktur Kimia selulosa .....	23
Gambar 2.14 Struktur kimia lignin .....	24
Gambar 2.15 Reaksi lignin dengan gugus hidroksil dari NaOH.....	25
Gambar 2.16 Susunan Knapot .....	27
Gambar 2.17 Desain Reactive Muffler.....	27
Gambar 2.18 Desain Absorbtive Muffler .....	28
Gambar 2.19 Penampang Melintang pada Absorbtive Muffler .....	29
Gambar 2.20 Mekanisme Terdenarnya Bunyi .....	30
Gambar 2.21 Sifat Bunyi yang mengenai Bidang.....	32
Gambar 2.22 Tipe material Penyerap Suara .....	34
Gambar 2.23 Karakteristik Penyerapan Suara <i>Porous Absorber</i> .....	35
Gambar 2.24 Karakteristik Penyerapan Suara <i>Resonant Absorber</i> .....	36
Gambar 2.25 Karakteristik Penyerapan Suara	

<i>Helmholtz Absorber</i> .....	37
Gambar 2.26 Karakteristik Penyerapan Suara	
<i>Wideband Absorber</i> .....	37
Gambar 2.27 Skema Penyerapan Suara Oleh	
Material Absorber .....	39
Gambar 2.28 Pemantulan dan penyerapan bunyi dari	
Media akustik .....	41
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	45
Gambar 3.3 Serabut Kelapa .....	46
Gambar 3.3 Air .....	46
Gambar 3.4 NaOH .....	46
Gambar 3.5 Polyurethane A .....	47
Gambar 3.6 Polyurethane B .....	47
Gambar 3.7 Mesin Sieving .....	48
Gambar 3.8 Dimensi Spesimen Absorsi Suara .....	52
Gambar 3.9 Dimensi Spesimen SEM .....	53
Gambar 3.10 Prinsip Kerja SEM .....	54
Gambar 3.11 Dimensi Uji Kelenturan .....	54
Gambar 3.12 Skema Uji FTIR .....	56
Gambar 4.1 Serat Kelapa (a)non alkali, (b)alkali .....	57
Gambar 4.2 Spesimen Absorpsi Suara .....	58
Gambar 4.3 Spesimen Bending .....	59
Gambar 4.4 Spesimen SEM .....	60
Gambar 4.5 Spesimen FTIR .....	60
Gambar 4.6 Hasil Pengujian FTIR CFnonalkalinated .....	61
Gambar 4.7 Hasil Pengujian FTIR CFalkalinated .....	62
Gambar 4.8 Perbandingan Hasil FTIR pada Serat Kelapa .....	64
Gambar 4.9 Hasil Pengujian FTIR Polyurethane A .....	64
Gambar 4.10 Hasil Pengujian FTIR Polyurethane B .....	65
Gambar 4.11 Hasil Pengujian FTIR Polyurethane .....	66
Gambar 4.12 Skema Reaksi pada polyurethane .....	68
Gambar 4.13 Perbandingan Hasil FTIR pada Polyurethane, Polyol dan Isocyanate .....	68
Gambar 4.14 Hasil Pengujian FTIR PU+CFalkalinated .....	69
Gambar 4.15 Hasil Pengujian FTIR PU+CFnonalkalinated....	70

Gambar 4.16 Perbandingan Hasil FTIR pada Komposit.....	71
Gambar 4.17 FTIR Spektra ikatan NH dan N-C=O.....	71
Gambar 4.18 Mikrostruktur dengan perbesaran 250x (a) PU (50PPI:50PPG), (b) PU+CF alkalinated dan (c) PU+CF nonalkalinated.....	72
Gambar 4.19 Mikrostruktur dengan perbesaran 250x (a) PU (50PPI:50PPG), (b) PU+CF alkalinated dan (c) PU+CF nonalkalinated.....	73
Gambar 4.20 Massa Jenis pada Komposit.....	75
Gambar 4.21 Koefisien Absorpsi Suara PU+ CFnonalkalinated .....	78
Gambar 4.22 Koefisien Absorpsi Suara PU+CFalkalinated ...	79
Gambar 4.23 Koefisien Absorpsi Suara pada 2000Hz.....	80
Gambar 4.24 Koefisien Absorpsi Suara pada 4000Hz.....	80
Gambar 4.25 Nilai Kekuatan Lentur pada Komposit.....	82

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keuntungan dan Kerugian dari Komposit.....	6
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Serat Sabut Kelapa.....	22
Tabel 2.3 Perbandingan Kebisingan pada Kendaraan 100cc dan 125cc.....	26
Tabel 2.4 Koefisien penyerapan bunyi dari material akustik.....	38
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian .....	39
Tabel 4.1 Daerah Serapan Infra Merah Serat Kelapa Non alkalinated .....	61
Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah Serat Kelapa Alkali .....	62
Tabel 4.3 Daerah Serapan Infra Merah Polyurethane A ...	64
Tabel 4.4 Daerah Serapan Infra Merah Polyurethane B ...	65
Tabel 4.5 Daerah Serapan Infra Merah Polyurethane .....	66
Tabel 4.6 Daerah Serapan Infra Merah PU+CFalkalinated.....	69
Tabel 4.7 Daerah Serapan Infra Merah PU+CF nonalkalinated .....	70
Tabel 4.8 Massa Jenis Komposit .....	74
Tabel 4.9 Nilai Koefisien Absorpsi Suara PU+CF nonalkalinated .....	76
Tabel 4.10 Nilai Koefisien Absorpsi Suara PU+CF alkalinated.....	78
Tabel 4.11 Kekuatan Bending Komposit .....	81

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebisingan merupakan suara yang tidak dikehendaki, kebisingan yaitu bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (KepMenLH No.48 Tahun 1996) atau semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (KepMenNaker No.51 Tahun 1999). Mediastika (2009) mengatakan bahwa untuk mengetahui apakah suatu kebisingan yang muncul di jalan raya telah memasuki tahap polusi kebisingan, maka kebisingan yang muncul dapat diukur dengan penunjuk atau indeks polusi kebisingan (LNP). Sementara LNP yang bisa diterima adalah dibawah 74 dB. Sementara untuk range 74-88 dB pada umumnya tidak dapat diterima.

Salah satu sumber kebisingan itu bisa muncul dari suara lalu lintas, terutama suara mesin kendaraan bermotor. Kebisingan yang disebabkan oleh lalu lintas memiliki tekanan bunyi 80-100 dB. Sumber kebisingan tertinggi pada kehidupan manusia adalah pada kendaraan bermotor (55%). Sementara berdasar PerMenLH no.07 tahun 2009 disebutkan bahwa batas maksimal suara pada sepeda motor dengan kapasitas silinder dibawah 80 cc adalah 77dB, untuk range antara 80-175 cc adalah 83 dB dan untuk diatas 175 cc adalah 80 dB. Motor bakar merupakan salah satu jenis penggerak yang menggunakan hasil ledakan dari pembakaran di dalam silinder untuk dirubah menjadi energi mekanik. Untuk mengurangi kebisingan mesin, maka pada kendaraan bermotor ditambahkan knalpot. Pada knalpot terdapat *silencer* atau *muffler* yang berfungsi untuk meredam kebisingan pada kendaraan. Komponen peredam suara kebisingan yang terdapat pada *muffler* terbuat dari glasswool.



Peredam suara atau absorber suara adalah salah satu bahan yang dapat menyerap energi suara dari sumber suara (Wirajaya, 2007). Adapun jenis bahan peredam suara yang telah ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel. Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang sering dipakai untuk mengurangi kebisingan pada ruang yang sempit. Hal ini karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis peredam lain (Lee, 2003).

Pada perkembangannya, saat ini telah dikembangkan berbagai material komposit dari serat alam yang digunakan sebagai material peredam suara. Komposit serat alami merupakan salah satu alternatif bahan absorber suara. Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengendalikan kebisingan (Shoshani, 1990). Serat alami memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan serat sintesis, seperti beratnya yang lebih ringan, dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan. Serat alami juga merupakan bahan terbarukan dan mempunyai kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit (Lokantara, 2007).

## 1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh proses alkali dan fraksi massa serat terhadap nilai koefisien absorpsi suara Komposit *Polyurethane/ Coir Fiber* pada komponen muffler?
2. Bagaimana pengaruh proses alkali dan fraksi massa serat terhadap morfologi Komposit *Polyurethane/ Coir Fiber* pada komponen muffler?
3. Bagaimana pengaruh proses alkali dan fraksi massa Serat terhadap kekuatan lentur Komposit *Polyurethane/ Coir Fiber* pada komponen muffler?





### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Pengotor pada saat penelitian dianggap tidak ada
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa pengaruh proses alkali dan fraksi massa serat terhadap nilai koefisien absorpsi suara Komposit *Polyurethane/ Coir Fiber* pada komponen muffler?
2. Menganalisa pengaruh proses alkali dan fraksi massa serat terhadap morfologi Komposit *Polyurethane/ Coir Fiber* pada komponen muffler?
3. Menganalisa pengaruh proses alkali dan fraksi massa serat terhadap kekuatan lentur Komposit *Polyurethane/ Coir Fiber* pada komponen muffler?

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menciptakan produk komposit baru dengan menggunakan kombinasi *Polyurethane* dan *Coir Fiber* sebagai bahan dasar material penyerap suara pada *Muffler*.
2. Memanfaatkan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih
3. Memberikan pengetahuan mengenai morfologi komposit *Polyurethane* dan *Coir Fiber*
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Komposit**

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Sulistijono, 2012). Komposit mempunyai sifat yang diinginkan yang tidak dapat diperoleh dari bahan-bahan penyusun asal jika bekerja sendiri-sendiri (Gibson, 1994). Menurut Schwartz (2005), suatu material komposit merupakan suatu material yang kompleks dimana terkomposisikan dari dua material atau lebih yang digabungkan/disatukan secara bersamaan pada skala makroskopik membentuk suatu produk yang berguna, yang didesain untuk menghasilkan kualitas maupun sifat terbaik.

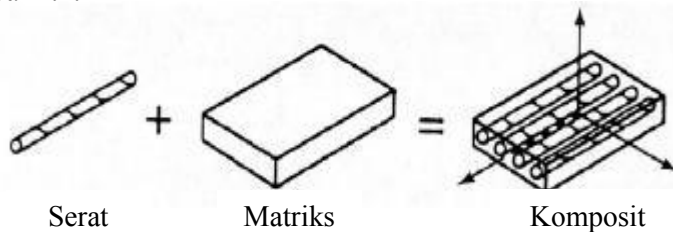
Bahan komposit secara umum terdiri dari penguat dan matrik. Penguat komposit pada umumnya mempunyai sifat kurang ulet tetapi lebih kaku serta lebih kuat namun tidak tahan terhadap temperatur tinggi. Fungsi utama dari penguat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada penguat, sehingga penguat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu penguat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik, umumnya lebih ulet tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah. Matriks merupakan fase yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat secara



bersama-sama. Matriks berfungsi sebagai pemberi bentuk pada komposit, pelindung serat dari kerusakan. Matriks akan berperan sebagai pentransfer tegangan yang terjadi agar sedapat mungkin bisa disangga oleh penguat.

Ilustrasi skema pembentukan komposit dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Skema pembentukan komposit

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

Dengan penggabungan dua atau lebih material yang berbeda, maka dapat diperbaiki sifat-sifat mekanik dan fisik dari material-material tersebut diantaranya adalah kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan gesek, konduktivitas termal, insulasi listrik, ketahanan fatik, berat, tampilan, insulasi panas (Sulistijono, 2012)

Sedangkan (Peter, 1994) menjelaskan keuntungan dan kerugian komposit di dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 2.1.** Keuntungan dan Kerugian dari Komposit

Keuntungan		Kerugian	
1.	Berat berkurang	1.	Biaya bertambah
2.	Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi	2.	untuk bahan baku dan fabrikasi
			Sifat-sifat bidang



3.	Kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	3.	melintang lemah Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan
4.	Lebih tahan terhadap korosi	4.	Sulit dalam mengikat
5.	Kehilangan sebagian sifat dasar material	5.	Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik sulit dilakukan, analisis untuk efisiensi damping tidak mencapai konsensus
6.	Ongkos manufaktur rendah		
7.	Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun		

Dari tabel 2.1 di atas dapat dilihat bahwa aplikasi komposit masih terbatas disebabkan oleh faktor ekonomi. Karena komposit menggunakan serat gelas atau material teknik yang lain sebagai penguat, biaya bahan mentah dan biaya fabrikasi akan menjadi tinggi. Hal ini jelas terlihat pada bidang industri yang memanfaatkan material komposit, seperti pada bidang penerbangan dan kelautan.

Saat ini jenis komposit yang paling banyak digunakan adalah komposit berpenguat serat. Hal ini cukup beralasan karena memiliki keuntungan sebagai berikut:

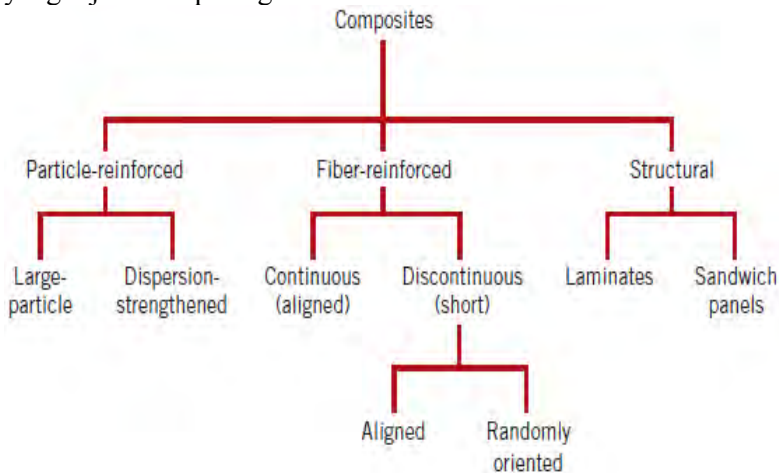
1. Memiliki perbandingan panjang dengan diameter (*aspect ratio*) yang besar. Hal ini menggambarkan bahwa bila digunakan sebagai penguat dalam komposit, serat akan memiliki luas daerah kontak yang luas dengan matriks dibanding bila menggunakan penguat lain. Dengan demikian diharapkan akan terbentuk ikatan yang baik antara serat dengan matriks.
2. *Size effect*". Serat memiliki ukuran yang kecil sehingga jumlah cacat per satuan volume serat akan lebih kecil dibandingkan material lain. Dengan demikian serat akan memiliki sifat mekanik yang baik



- dan konsisten.
3. Serat memiliki densitas yang rendah sehingga memiliki sifat mekanik spesifik (sifat mekanik per satuan densitas) yang tinggi.
  4. Fleksibilitas serat dan diameternya yang kecil membuat proses manufaktur serat menjadi mudah.

### 2.1.1 Klasifikasi Komposit

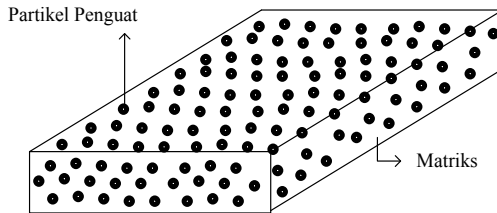
Secara umum, skema klasifikasi komposit adalah seperti yang dijelaskan pada gambar 2.2



**Gambar 2.2** Klasifikasi Material Komposit

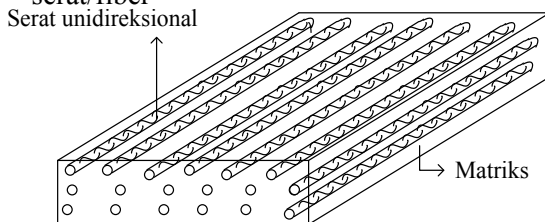
Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. Komposit Partikel, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu yang berbentuk partikel, fiber pendek atau whiskers.



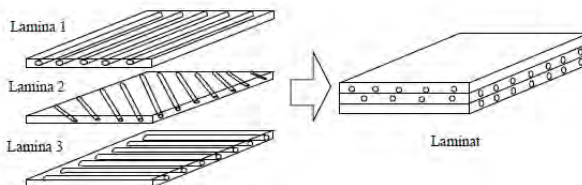
**Gambar 2. 3** Komposit partikel

2. Komposit Serat, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan memiliki penguat berbentuk serat/fiber



**Gambar 2.4** Komposit Serat

3. Komposit Laminat, yaitu komposit yang terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat fiber atau lamina berpenguat partikel atau lamina logam atau kombinasi dari lamina-lamina dengan material yang berbeda dimana lapisan saling terikat.



**Gambar 2. 5** Komposit Laminat



Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. *MMC: Metal Matriks Composite* (menggunakan *matriks* logam) Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continuous Filamen* MMC yang digunakan dalam industri penerbangan
2. *CMC: Ceramic Matriks Composite* (menggunakan *matriks* keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah; oksida, carbide, nitride. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX* yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler*.
3. *PMC: Polymer Matriks Composite* (menggunakan *matriks* polimer). Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan.

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu:

1. *Continuous Fibre Composite*, Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.
2. *Woven Fibre Composite (bi-directional)*, Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar





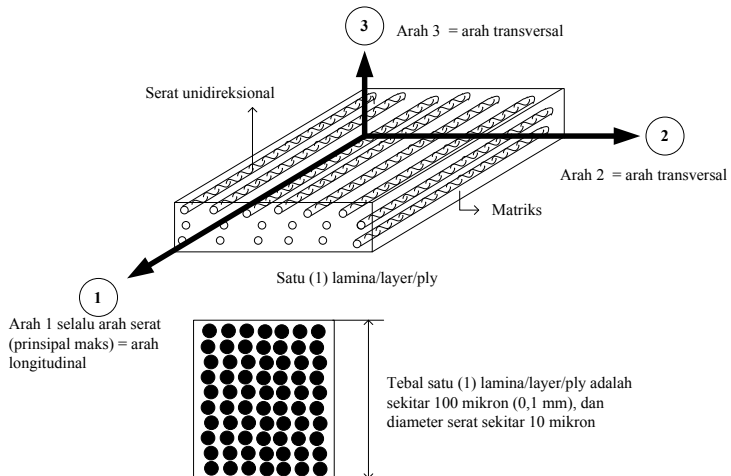
lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah.

3. *Discontinuous Fibre Composite*, tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 :

- a) *Aligned discontinuous fibre*
- b) *Off-axis aligned discontinuous fibre*
- c) *Randomly oriented discontinuous fibre*

### 2.1.2 Serat

Salah satu penyusun bahan komposit adalah serat. Komposit berpenguat serat merupakan jenis komposit yang paling luas pemakaiannya. Secara skematik komposit serat diberikan seperti pada Gambar 2. 6



**Gambar 2.6** Komposit serat satu arah

Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat mekanik lainnya.



Ukuran serat menentukan kemampuan bahan komposit menerima gaya atau gaya luar. Semakin panjang ukuran serat maka semakin efisien dalam menerima gaya searah serat, dan juga akan menghilangkan kemungkinan retak sepanjang batas antarmuka serat dengan matriks sehingga serat mencegah cacat permukaan (Godlief, 2011). Pencampuran yang biasa paling banyak ditemui ialah dengan mencampurkan bahan serat ke dalam matriks guna meningkatkan kekuatan dari bahan dasarnya tanpa membentuk ikatan kimia.

Tabel 2. 2 Kekuatan dari berbagai jenis serat

Serat	Densitas, $\rho$ ( $\text{kN/m}^3$ )	Kekuatan tarik, S $10^3$ ( $\text{GN/m}^2$ )	S/ $\rho$ $10^5$ (km)	Kekakuan, E $10^6$ ( $\text{GN/m}^2$ )	E/ $\rho$ $10^7$ (Mm)
Baja	76,6	4,1	54	207	2,7
E- Glass	25,0	3,4	136	72	2,9
Carbon	13,8	1,7	123	190	14
Boron	25,2	3,4	137	400	16
Grafit	13,8	1,7	123	250	18

Arah serat penguat menentukan kekuatan komposit, arah serat sesuai dengan arah kekuatan maksimum. Arah serat mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matriks. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Bila sejajar berpeluang sampai 90%, bila separuh separuh saling tegak lurus peluangnya 75%, dan tatanan acak hanya berpeluang pengisian 15 sampai 50% (Surdia, 1995). Beberapa serat dapat digunakan pada temperatur tinggi, salah satunya adalah *glasswool* yang dapat digunakan hingga temperature 350C. berikut ini adalah kekuatan tarik dari berbagai macam serat.

Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu serat alam

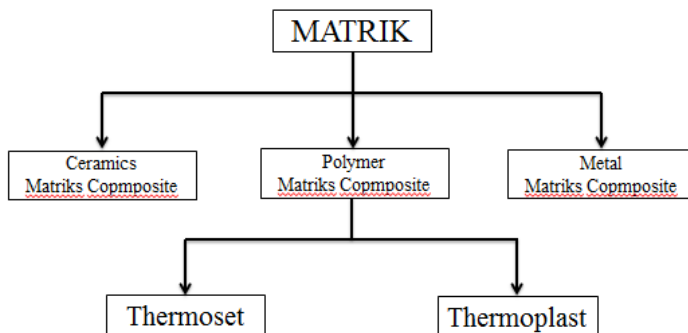


dan serat sintetis. Serat sintesis merupakan serat buatan. Beberapa serat sintetis yang sering digunakan oleh manusia adalah polyester, akrilik, dan nilon (Schwartz, 1984). Salah satu sementara serat alam adalah serat yang dapat diperoleh langsung dari alam, biasanya berupa serat organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Beberapa serat alam yang sering digunakan adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, kenaf, rami dan lain-lain. Keunggulan dari serat alam jika dibandingkan dengan serat sintetis adalah berat jenis rendah, kekuatan modulus tinggi dan harganya yang relatif murah (George, 2001).

### 2.1.3 Matriks

Matriks merupakan bahan pemberi bentuk pada komposit. Pada umumnya, matriks harus memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada serat. Akan tetapi, kekuatan dan kekakuan dari matriks adalah rendah. Matriks harus mampu membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar, untuk mengikat penguat, membentuk suatu ikatan yang koheren di semua antarmuka matriks. Matriks harus bisa tetap stabil secara fisika maupun kimia setelah diproses manufaktur (Sulistijono, 2012).

Gibson (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam maupun keramik.



**Gambar 2. 7** Klasifikasi Jenis Matriks pada Komposit



Berdasarkan bahan penyusunnya, matrik terbagi atas matriks organik dan anorganik. Pada umumnya, matriks yang lebih sering digunakan adalah matriks organik dikarenakan proses pembentukan komposit akan menjadi lebih cepat dan sederhana. Kebanyakan matriks organik adalah matriks polimer. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Thermoplastic adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan thermosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. Berdasarkan sifat kedua kelompok polimer tersebut, termoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang.

Komposit matriks logam (Metal Matrix Composite) merupakan komposit dengan matriks berupa logam, seperti contoh aluminium, magnesium, dan titanium. Logam digunakan untuk meningkatkan atau menurunkan sifat untuk kebutuhan desain. Contohnya, kekakuan dan kekuatan logam dapat meningkat dan koefisien termal yang tinggi dan konduktivitas listrik dan panas dapat berkurang, dengan penambahan serat tertentu, misalnya silikon karbida. Kelebihan komposit matriks logam adalah memiliki spesifik kekuatan dan modulus yang lebih tinggi dengan menguatkan logam yang densitasnya rendah dan koefisien muai panas yang rendah. Apabila dibandingkan dengan Komposit matriks polimer, kelebihan adalah sifat elastis yang lebih tinggi, temperatur kerja yang lebih tinggi, tidak sensitif pada uap, konduktivitas listrik dan termal yang lebih tinggi, ketahanan gesekan, lelah, dan cacat yang lebih baik. (Kaw, 2006)

Komposit matriks keramik ( Ceramic Matrix Composite) merupakan komposit yang menggunakan matriks keramik seperti alumina, alumina silikat, dan lain-lain. Kelebihan adalah memiliki kekuatan, kekerasan yang tinggi, tahan pada reaksi kimia, dan densitas yang rendah. Kombinasi serat dan matriks keramik menghasilkan sifat mekanik yang tinggi dan kemampuan temperatur kerja yang ekstrim (Kaw, 2006).



#### 2.1.4 Faktor Ikatan Fiber-Matriks

Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun juga ringan. Komposit serat yang baik harus mampu menyerap *matriks* yang memudahkan terjadi antara dua fase (Schwartz, 1984). Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan *matriks* berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh *matriks* dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan *matriks* adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut (Schwartz, 1984).

#### 2.2 Hukum Pencampuran

Sifat-sifat komposit pada umumnya ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain : jenis, bentuk geometris dan struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan (Zulhanif, 2010)

Bila  $v_c$  adalah volume komposit yang mengandung volume serat  $v_f$  dan volume matriks  $v_m$ , maka diperoleh persamaan,

$$v_c = v_f + v_m \quad (2.1)$$

Jika fraksi volume serat  $V_f$ , fraksi volume matriks  $V_m$ , maka

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} ; V_m = \frac{v_m}{v_c} \quad (2.2)$$

Bila  $w_c$  adalah berat komposit yang mengandung berat serat  $w_f$  dan berat matriks  $w_m$ , maka diperoleh persamaan,

$$w_c = w_f + w_m \quad (2.3)$$



Jika fraksi berat serat  $V_f$  , fraksi volume matriks  $V_m$  ,  
maka

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} ; W_m = \frac{w_m}{w_c} \quad (2.4)$$

Dengan mengetahui densitas dari komposit, serat, dan matriks, maka bisa diperoleh konversi dari fraksi volume ke fraksi berat, sebagai berikut,

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot \frac{v_f}{v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.5)$$

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.6)$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m \quad (2.7)$$

Densitas komposit, ditentukan dari persamaan dibawah ini

$$\rho_c \cdot v_c = \rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m \quad (2.8)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot \frac{v_f}{v_c} + \rho_m \cdot \frac{v_m}{v_c} \quad (2.9)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \quad (2.10)$$

$$\rho_c = \frac{1}{\left( \frac{W_f}{\rho_f} \right) + \left( \frac{W_m}{\rho_m} \right)} \quad (2.11)$$

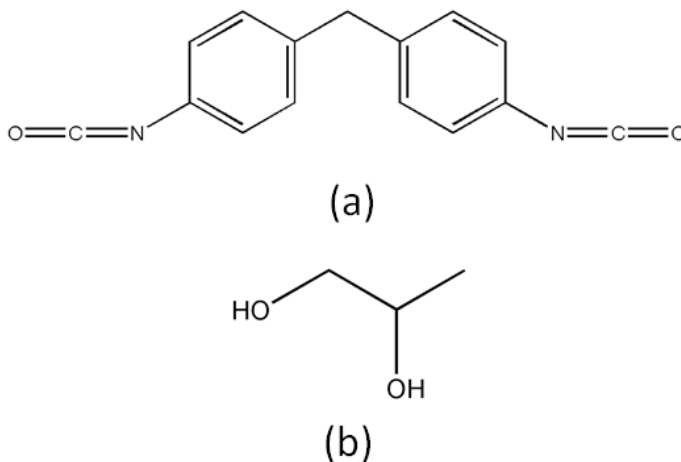
### 2.3 Polyurethane

Polyurethane merupakan salah satu material polimer serbaguna karena produknya dapat diaplikasikan diberbagai sektor. Produk polyurethane ini dapat diaplikasikan sebagai busa,



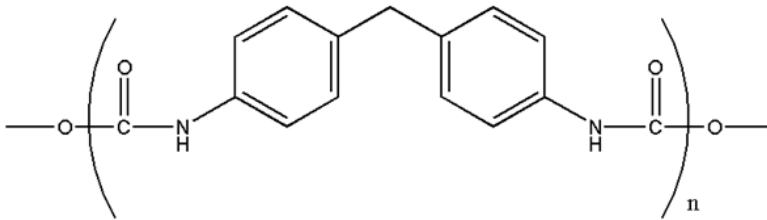
elastomer, cat, perekat, isolasi, konstruksi, industri tomatif, peralatan manufaktur dan sebagainya (Sakti, 2013). Keunggulan Polyurethane jika dibandingkan dengan bahan lain (metal, wood, plastic dan rubber) antara lain adalah karena material ini bersifat ulet, tidak mudah putus, ringan, fleksibel, bahkan kekuatannya lebih baik dari bahan rubber.

Polyurethane merupakan bahan polimer yang mempunyai ciri khas adanya gugus fungsi urethane ( $\text{-NHCOO-}$ ) dalam rantai utama polimer. Gugus fungsi urethane dihasilkan dari reaksi antara senyawa yang mengandung gugus hidroksil ( $\text{-OH}$ ) yang biasa disebut polyol dengan senyawa yang mengandung gugus isocyanate ( $\text{-NCO-}$ ) (Rahmawati, 2012).



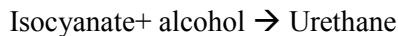
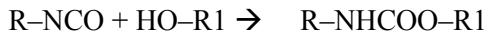
**Gambar 2. 8** Gugus Isocyanate (a) dan Gugus Hidroksil (b)

Gugus tersebut kemudian bereaksi sehingga terbentuklah gugus urethane. Gugus OH yang ada pada Polyol ini terlepas kemudian O berikatan dengan C yang ada pada Isocyanate. Sementara H akan berikatan dengan N yang ada pada Isocyanate. Gugus Hidroksil dan Isocyanate kemudian berikatan secara linear sehingga membentuk Polyurethane seperti digambarkan sebagai berikut.

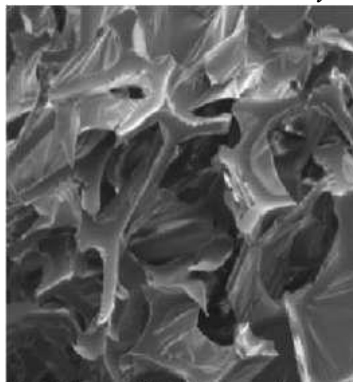


**Gambar 2. 9** Gugus Fungsi Polyurethane

Reaksi dari *Isocyanate* dan *Polyol* secara kimia adalah sebagai berikut



Jenis Isocyanate dan juga Polyol akan mempengaruhi kecepatan reaksi dan sifat dari produk akhir yang akan dihasilkan. Polyol memberikan fleksibilitas tinggi pada struktur polyurethane sehingga Polyol disebut sebagai segmen lunak dari Polyurethane. Disisi lain, Isocyanate akan memberikan kekakuan dan rigiditas dalam struktur Polyurethane sehingga disebut segmen keras. Berikut adalah gambar mikrostruktur dari *Polyurethane*



**Gambar 2. 10** Mikrostruktur Polyurethane

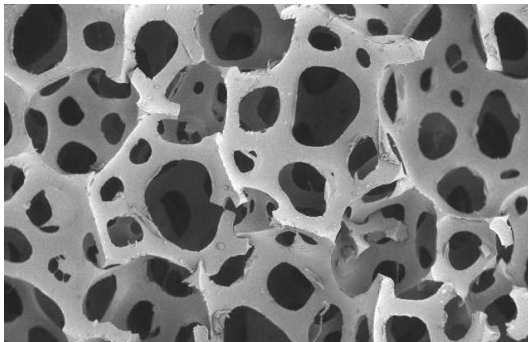




### 2.3.1 Polyurethane Foam

Foam didefinisikan sebagai substansi yang dibentuk dengan menjebak gelembung gas di dalam cairan atau padatan. Polyurethane foam diklasifikasikan ke dalam 3 tipe, yaitu flexible foam, rigid foam dan semi rigid foam. Perbedaan sifat fisik dari 3 tipe polyurethane foam tersebut berdasarkan pada perbedaan berat molekul, fungsionalitas polyol dan fungsionalitas isocyanate. Berdasarkan struktur selnya, foam dibedakan menjadi dua, yaitu closed cell (sel tertutup) dan opened cell (sel terbuka). Foam dengan struktur closed cell merupakan jenis rigid foam sedangkan foam dengan struktur opened cell adalah flexible foam. (Cheremisinoff, 1989).

Polyurethane foam biasanya dibuat dengan menambahkan sedikit bahan volatile yang dinamakan sebagai bahan pengembang (blowing agent) untuk mereaksikan campuran. Acetone, methylene chloride dan beberapa chlorofluorocarbon (CFC13) yang sering digunakan sebagai bahan pengembang (blowing agent) pada pembuatan polyurethane. *Blowing agent* ini nantinya akan membentuk void pada polyurethane sehingga dalam jumlah yang banyak akan terbentuk *foam*. Secara mikrostuktur, gambar *Polyurethane Foam* adalah sebagai berikut



**Gambar 2. 11** Mikrostuktur Polyurethane foam  
Terdapat dua sistem yang dapat digunakan untuk



membentuk polyurethane yaitu sistem one-step (one-shot process) dan Sistem two-step (prepolymer process). Sistem one-step umumnya digunakan dalam pembentukan polyurethane foam, sedangkan sistem two-step diaplikasikan pada produksi elastomer. Sistem one-step (one-shot process) adalah semua bahan baku untuk menghasilkan polimer dicampur bersama-sama (Klempner, 2001).

## 2.4 Serat Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) termasuk ke dalam famili *Palmae*, ordo *Aracules*, salah satu anggota terpenting dari kelas *Monocotyledone*, Genus *Cocos* adalah monotypic yang hanya mempunyai satu-satunya spesies yaitu *Cocos nucifera* L. Kelapa merupakan tanaman tropika yang dapat tumbuh dengan baik pada kondisi suhu rata-rata diantara 24-29 °C, suhu minimum tidak kurang dari 20 °C, dengan curah hujan yang merata sepanjang tahun antara 1700-2000 mm dan tidak kurang dari 1200 mm. Tanaman kelapa menghendaki intensitas sinar matahari yang tinggi dengan jumlah penyinaran tidak kurang dari 2000 jam per tahun. Kelapa dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah. Syarat-syarat tanah yang baik untuk pertumbuhan kelapa adalah struktur baik, peresapan air dan tata udara baik, permukaan air tanah letaknya cukup dalam (minimal 1 meter dari permukaan tanah) dan keadaan air tanah hendaknya dalam keadaan bergerak (tidak menggenang) dengan pH tanah optimal 6,0 – 8,0.

Tanaman kelapa merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan kehidupan manusia sehari-hari. Dalam penelitian baru baru ini serat sabut kelapa digunakan sebagai matriks penguat dalam pembuatan material komposit.



Serat sabut kelapa adalah serat alami alternatif dalam pembuatan komposit, yang pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihasilkan komposit yang lebih sempurna dikemudian hari. Serat kelapa ini mulai dilirik penggunaannya karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (biodegradability) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan yang mungkin timbul dari banyaknya serat kelapa yang tidak dimanfaatkan, serta tidak membahayakan kesehatan.



**Gambar 2. 12** Sabut Kelapa (a) dan Serat sabut Kelapa (b)

Jika ditinjau secara sifat mekanik, serat kelapa adalah lentur dan mudah rapuh. Sifat mekanik dari serat sabut kelapa dapat dilihat dari tabel berikut.

**Tabel 2.2** Sifat Mekanik Serat Sabut Kelapa (Bujang dkk, 2007)

Sifat Mekanik	Nilai
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1,2-1,5
Young modulus (GPa)	2-4,5
Tensile strength (MPa)	40-90
Compressive strength (MPa)	90-250
Tensile elongation at break (%)	2
Water absorption 24h at 20 °C	0,1-0,3



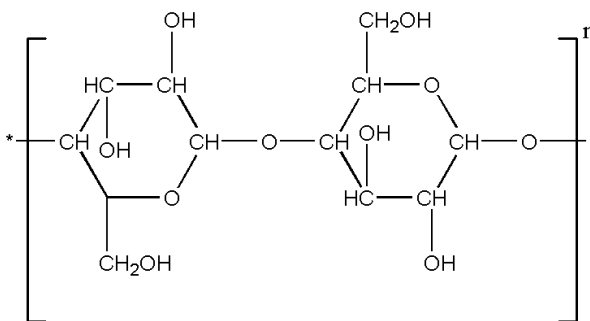
Secara umum, sifat fisik serat sabut kelapa adalah

- Seratnya terdiri dari serat kasar dan halus dan tidak kaku.
- Mutu serat ditentukan dari warna dan ketebalan.
- Mengandung unsur kayu seperti lignin, suberin, kutin, tannin dan zat lilin

Komponen utama serat sabut kelapa adalah lignin dan selulose dimana secara alami senyawa lignin selulose mengalami penguraian dalam waktu relatif lama oleh mikrobia.

#### 2.4.1 Sellulose

Sellulosa merupakan suatu polisakarida yang mempunyai formula umum seperti pati  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Sebigain besar sellulosa terdapat pada dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuhan-tumbuhan. Selulosa merupakan substansi yang tidak larut dalam air yang terdapat di dalam dinding sel tanaman terutama dari bagian batang, tangkai dan semua bagian yang mengandung kayu. Selulosa merupakan homopolisakarida yang mempunyai molekul berbentuk linear. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan.

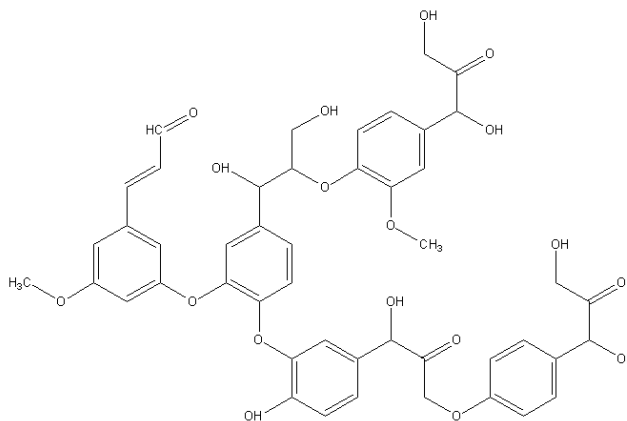


**Gambar 2. 13** Struktur Kimia selulosa



### 2.4.2 Lignin

Lignin adalah salah satu komponen penyusun tanaman yang bersama dengan selulosa dan bahan-bahan serat lainnya membentuk bagian struktural dan sel tumbuhan. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon bisa berdiri tegak. Kalau dianalogikan dengan bangunan, lignin dan serat-serat tanaman itu mirip seperti beton dengan batang-batang besi penguat di dalamnya, yang memegang serat-serat yang berfungsi seperti batang besi, sehingga membentuk struktur yang kuat. Lignin adalah polimer alami yang terdiri dari molekul fenil propane yang terdapat di dalam dinding sel dan di daerah antar sel (atau lamela tengah).



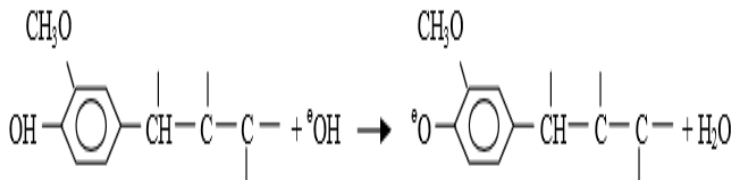
**Gambar 2.14** Struktur kimia lignin

### 2.4.3 Proses Alkalisasi pada Serat Kelapa

Untuk memperoleh ikatan yang baik antara matriks dan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Modifikasi permukaan dilakukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dengan matriks. Alkalisasi pada serat alam adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke



dalam basa alkali. Pada proses alkali, lignin akan bereaksi dengan basa alkali sehingga yang terdapat pada serat hanyalah selulose. Lignin dapat larut dalam larutan natrium hidroksida. Larutnya lignin ini disebabkan oleh terjadinya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil. Reaksi berikut menggambarkan proses yang terjadi saat perlakuan alkali pada serat:



**Gambar 2.15.** Reaksi lignin dengan gugus hidroksil dari NaOH

Secara mikrostruktur, Serat Kelapa yang telah dilakukan proses alkalisasi berbeda dengan serat kelapa yang tanpa proses alkali. Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, *wetability* serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan *antarmuka* pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik.

## 2.5 Knalpot

Exhaust system yang biasa disebut knalpot merupakan salah satu bagian vital dari sebuah kendaraan bermotor. Exhaust system yang biasa disebut knalpot merupakan salah satu bagian vital dari sebuah kendaraan bermotor. Mesin kendaraan menghasilkan suara bising antara 100-130 dB tergantung dari



jenis dan tipe dari mesin tersebut. Padahal, seharusnya ambang batas yang bisa didengar oleh manusia adalah 80dB (Rahman, 2005).

Pamungkas (2012), melakukan penelitian terhadap pengaruh knalpot terhadap penyerpan bunyi pada kendaraan 100cc dan 125cc. Dengan adanya knalpot, dapat mengurangi suara yang dihasilkan oleh mesin kendaraan tersebut sekitar 10-20%. Berikut adalah perbandingan kebisingan yang dihasilkan dari sepeda motor 100cc dan 125cc dengan menggunakan knalpot dan tanpa knalpot.

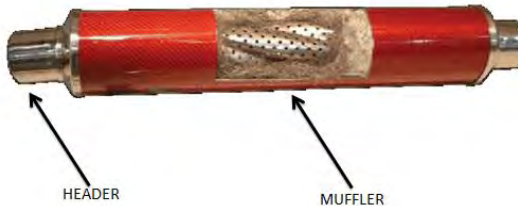
Tabel 2.3 Perbandingan Kebisingan pada Kendaraan 100cc dan 125cc

putaran mesin (rpm)	Kebisingan (dB)			
	100cc		125cc	
	dengan Knalpot	tanpa knalpot	dengan Knalpot	tanpa knalpot
1050	66.47	77.38	62.86	70.53
1545	72.23	82.9	67.28	81.2
2070	76.13	84.62	71.46	84.15
2550	77.28	87.21	73.47	85.41
3060	81.11	91.41	75.58	87.38
3540	82.99	93.66	78.04	89.43
4020	84.64	95.42	80.67	91.93
4515	86.57	96.35	84.45	95.06
5070	86.39	98.68	86.29	100.13

Pada konstruksi knalpot terdapat dua saluran utama yaitu header dan muffler. Header adalah komponen bagian depan knalpot yang langsung berhubungan dengan kepala silinder yang berfungsi untuk menjaga tekanan pembuangan, sedangkan muffler terdapat dibagian belakang knalpot yang berfungsi untuk



mereduksi suara yang dikeluarkan saat pembuangan.



**Gambar 2.16** Susunan Knalpot

Muffler adalah alat peredam kebisingan pada kendaraan, apakah itu mobil, sepeda motor, dan lain sebagainya. Dalam hal ini muffler merupakan alat untuk meredam tekanan gas buang yang ditimbulkan dari pembakaran antara udara dan bahan bakar pada ruang bakar suatu kendaraan baik kendaraan diesel atau kendaraan berbahan bakar bensin.

Secara umum terdapat dua jenis muffler, yaitu absorbtive muffler dan reactive muffler. Reactive muffler adalah muffler yang dirancang dengan menggunakan ruang resonansi untuk menghilangkan gelombang suara yang dipantulkan pada dinding-dinding muffler sesuai dengan metode superposisi. Knalpot jenis ini dirancang berdasarkan prinsip Helmholtz. Dalam prinsip ini terdapat suatu rongga atau celah yang dipasang di dalam knalpot dimana pada frekuensi tertentu, rongga tersebut akan beresonansi yang mengakibatkan gelombang suara tersebut terpantul kembali kearah mesin.



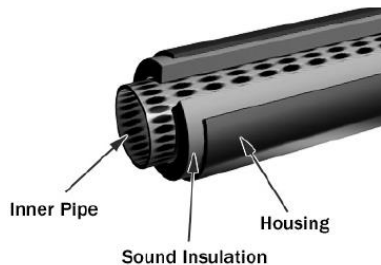
**Gambar 2. 17** Desain Reactive Muffler





Reactive muffler adalah muffler yang dirancang dengan menggunakan ruang resonansi untuk menghilangkan gelombang suara yang dipantulkan pada dinding-dinding muffler sesuai dengan metode superposisi. Knalpot jenis ini dirancang berdasarkan prinsip Helmholtz. Dalam prinsip ini terdapat suatu rongga atau celah yang dipasang di dalam knalpot dimana pada frekuensi tertentu, rongga tersebut akan beresonansi yang mengakibatkan gelombang suara tersebut terpantul kembali ke arah mesin.

Sedangkan absorbtive muffler adalah muffler yang dirancang khusus menggunakan peredam untuk menyerap gelombang suara yang keluar dari mesin tanpa memperdulikan tekanan gas buang. Gelombang udara yang masuk kedalam muffler direduksi dan dirubah menjadi energy panas oleh material penyerap suara.

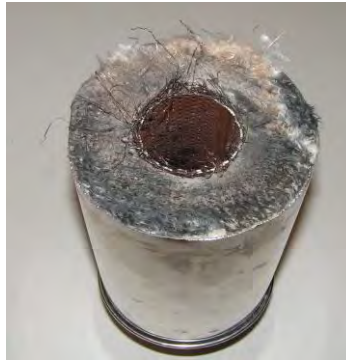


**Gambar 2. 18** Desain Absorbtive Muffler

Pada dasarnya konsep peredaman pada knalpot adalah tekanan dan kecepatan gas buang yang keluar dari engine dihambat / diturunkan oleh dinding penyekat, lubang-lubang yang terdapat pada inner pipe dan material penyerap suara. Material penyerap suara yang biasa digunakan pada muffler adalah glasswool. Gelombang suara dengan tekanan tinggi yang masuk ada muffler akan dikeluarkan melalui lubang-lubang yang terdapat pada inner pipe. Gelombang suara tersebut kemudian akan diserap oleh glasswool yang terdapat pada muffler.



Penampang melintang pada absorptive muffler dapat dilihat pada gambar berikut



**Gambar 2. 19** Penampang Melintang pada Absorbtive Muffler

## 2.6 Bunyi

Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua definisi, yaitu:

1. Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi Obyektif.
2. Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi Subyektif.

Bunyi merupakan rangkaian perubahan tekanan yang terjadi secara cepat di udara. Perubahan tekanan ini disebabkan oleh adanya objek yang bergerak cepat atau bergetar, yang kemudian disebut sebagai sumber bunyi. Adapun tiga elemen utama yang perlu diperhatikan dalam setiap situasi akustik adalah sumber, jejak perambatan, telinga si penerima. Skema terjadinya bunyi sampai ke telinga manusia seperti gambar 2.20 berikut ini



**Gambar 2.20** Mekanisme Terdenarnya Bunyi

Gelombang bunyi menjalar didalam benda padat, benda cair, dan gas. Bunyi tidak merambat melalui ruang hampa udara (vakum). Bunyi merambat melalui suatu medium dengan cara memindahkan energi kinetik dari satu molekul lainnya dalam medium tersebut. Gelombang bunyi juga dapat menjalar ke bahan bahan lainnya. Oleh karena itu, bunyi tidak dapat berpindah tanpa adanya bahan atau medium perantara.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Gelombang transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali , gelombang permukaan air, gelombang cahaya.



**Gambar 2.21** Gelombang Transversal



Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan  $v$  dan satuannya m/s. Frekuensi ( $f$ ) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati satu titik, satuannya sekon. Hubungan antara  $v$ ,  $\lambda$ ,  $T$ , dan  $f$  ialah :

$$f = 1/T$$

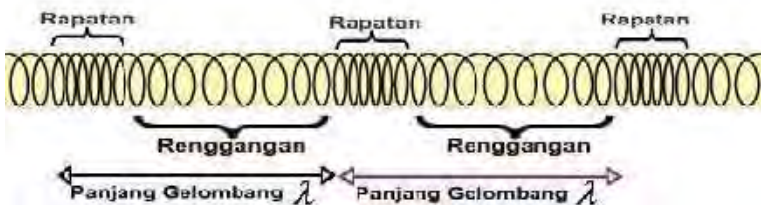
$$\lambda = v \times T$$

$$\lambda = v/f$$

$$v = \lambda \times f$$

## 2. Gelombang longitudinal.

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal.



**Gambar 2.22** Gelombang longitudinal

Ketika sumber bunyi bergetar, getaran yang terjadi pada setiap detik disebut frekuensi dan diukur dalam satuan Hertz (Hz). Jumlah getaran yang terjadi setiap detik tersebut sangat tergantung pada jenis objek yang bergetar. Secara singkat, hal ini dapat diartikan sebagai bahan pembentuk objek tersebut. Oleh karena itu setiap benda akan memiliki frekuensi tersendiri yang



berbeda dari benda lainnya. Dalam bahasa umum dapat diartikan bahwa benda memiliki kekhasan bunyi yang membedakannya dengan bunyi benda lain. Frekuensi terendah yang mampu didengar manusia berada pada 20 Hz sampai pada ambang batas atas 20.000 Hz. Bunyi-bunyi yang muncul pada frekuensi di bawah 20 Hz disebut bunyi infrasonik, sedangkan yang muncul di atas 20.000 Hz disebut bunyi ultrasonik. Dalam rentang 20 Hz sampai 20.000 Hz tersebut, bunyi masih dibedakan lagi menjadi bunyi dengan frekuensi rendah (dibawah 1000 Hz), frekuensi sedang (1000-4000 Hz) dan frekuensi tinggi (diatas 4000 Hz). Frekuensi ini menyebabkan perbedaan tinggi rendahnya nada. Penelitian menunjukkan bahwa telinga manusia nyaman mendengarkan bunyi pada frekuensi rendah. Secara umum tingkat frekuensi yang dipakai dalam pengukuran akustik lingkungan adalah 125, 250, 500, 1000, 2000 dan 4000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096 Hz (Mediastika, 2005).

Selain Frekuensi, yang berpengaruh terhadap suatu kebisingan adalah tekanan bunyi. Kenaikan frekuensi bila tidak diikuti dengan kenaikan tingkat tekanan bunyi maka kurang berpengaruh sekali terhadap pendengaran kita, walaupun kenaikan frekuensi mempunyai pengaruh terhadap sensasi pendengaran di telinga kita. Sebagai contoh bunyi yang mempunyai frekuensi 1000 Hz, jika tekanannya rendah sebesar 4 dB hampir tidak terdengar oleh kita, tetapi bunyi yang mempunyai frekuensi 63 Hz dengan tekanan bunyi 35 dB dapat didengar. Dari penjelasan di atas bahwa tekanan bunyi mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap tingkat kebisingan.

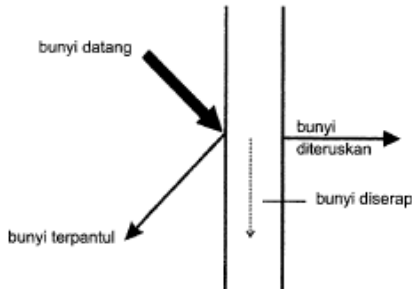
## **2.7 Sifat Akustik**

Ilmu yang mempelajari tentang fenomena dan gejala bunyi disebut akustik. Kata akustik berasal dari bahasa Yunani yaitu *akoustikos* yang artinya segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat



memengaruhi mutu bunyi (suptandar, 2004).

Ketika suatu bunyi menumbuk pada suatu benda ataupun dinding, maka bunyi itu akan dipantulkan (*reflected*), diserap (*absorb*) dan diteruskan (*transmitted*) oleh benda tersebut (Ruijgork, 1993).



**Gambar 2.23** Sifat Bunyi yang mengenai Bidang

Besarnya komposisi energi yang diserap atau dipantulkan akan menentukan sifat suatu material. Jika komposisi energi yang dipantulkan lebih besar, maka material tersebut bersifat sebagai pemantul (*reflector*). Jika energi yang diserap lebih besar, maka material tersebut bersifat penyerap (*absorber*).

## 2.8 Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. Material akustik adalah suatu bahan yang dapat menyerap energi suara yang datang dari sumber suara. Material penyerap suara menyerap energi suara yang melewatinya membuatnya sangat berguna untuk mengontrol kebisingan. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. Energi suara tersebut dikonversi menjadi energi panas, yang merupakan hasil dari friksi dan resistansi dari berbagai material untuk bergerak dan berdeformasi. Sama halnya dengan besar energi suara yang sangat kecil bila



dilihat dalam satuan Watt, energi panas yang dihasilkan juga sangat kecil sehingga secara makroskopis tidak akan terlalu terasa perubahan temperatur pada bahan tersebut.

Menurut Lewis dan Douglas dalam Himawanto (2007) material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar, yaitu material penyerap (*absorbing material*), material penghalang (*barrier material*), material peredam (*damping material*). Material penghalang pada dasarnya memiliki massa yang padat, untuk material peredam biasanya adalah lapisan yang tipis untuk melapisi benda. Lapisan tersebut biasanya adalah plastik, polimer, *epoxy*, dan lain-lain. Sedangkan untuk material penyerap, biasanya berpori (*porous*) dan berserat (*vibrous*). Pada material penyerap suara, energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (*vibrasi*) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserat.

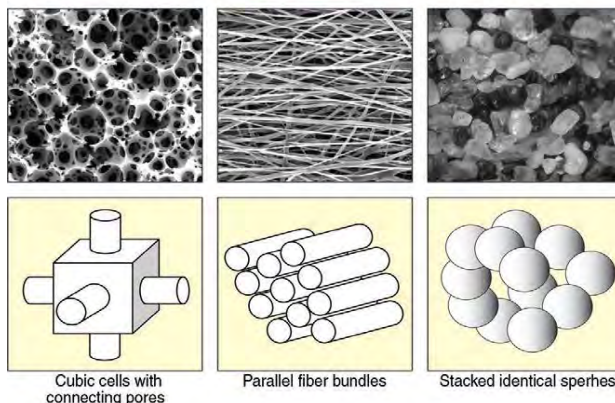
Ketika suara menumbuk material yang berserat, maka gelombang akan diserap kedalam material dan gelombang akan menjalar melewati celah diantara serat-serat sehingga gelombang suara yang keluar dari material akan berkurang. Sementara ketika gelombang suara memasuki material berpori, gelombang akan menyebar didalam porinya.

Bahan-bahan akustik yang tergolong sebagai bahan penyerap suara antara lain adalah *glass wool*, *rock wool*, *soft board*, *carpet*, kain, busa, *acoustic tiles*, *resonator*, dan lain-lain. Penyerap jenis berserat adalah penyerap yang paling banyak dijumpai, sebagai contoh jenis selimut mineral *wool (rockwool atau glasswool)*. Penyerap jenis ini mampu menyerap bunyi dalam jangkauan frekuensi yang lebar dan lebih disukai karena tidak mudah terbakar. Namun kelemahannya terletak pada model permukaan yang berserat sehingga harus digunakan dengan hati-hati agar lapisan serat tidak rusak/cacat dan kemungkinan terlepasnya serat-serat halus ke udara karena usia pemakaian. Penyerap dari bahan berserat dipasarkan dari berbagai ketebalan



dan kerapatan sehingga yang paling sesuai dengan frekuensi bunyi yang hendak diserap. Sebagai gambaran umum untuk menyerap bunyi frekuensi rendah diperlukan penyerap berserat dalam ketebalan yang lebih bila dibandingkan dengan untuk menyerap suara berfrekuensi tinggi. Sebagai contoh bila untuk suara berfrekuensi tinggi dibutuhkan ketebalan 30 mm, maka untuk frekuensi rendah dibutuhkan ketebalan 75 mm sampai dengan 100 mm (Mediastika, 2009).

Material penyerap berpori dapat diklasifikasikan sebagai selular, serat, dan granular pada konfigurasi mikroskopisnya. Material ini terdiri dari lubang kecil sebagai jalan masuknya gelombang suara. Sel Polyurethane dan foam adalah salah satu jenis dari material selular. Sementara material serat biasanya terdiri dari serat alami dan serat sintetis. Dan contoh dari granular material yaitu asphalt, tanah liat, pasir, tanah dan sebagainya. ( Jorge P. Arenas dan Malcolm J. Crocker, 2010). Berikut gambar 2.24 mengenai klasifikasi material penyerap berpori yang dibagi menjadi tiga yaitu, selular, serat dan granular.



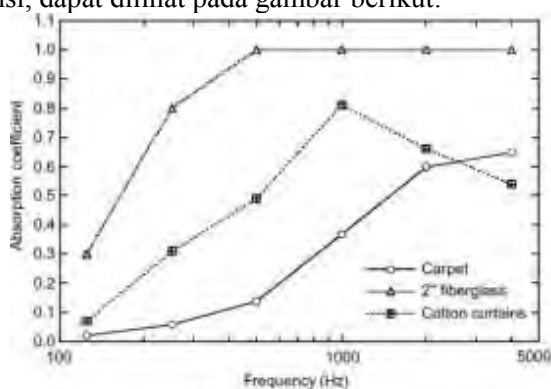
**Gambar 2.24** Tipe material Penyerap Suara

Sementara itu, menurut Howard (2009), jika ditinjau dari karakteristik penyerapan suara, ada 4 jenis material absorbs suara



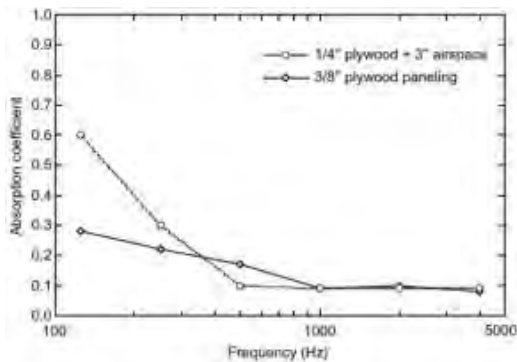


yaitu *porous absorber*, *resonant absorber*, *helmholtz absorber* dan *wideband absorber*. Bahan berpori seperti karpet, korden, foam, glasswool, rockwool, cellulose fiber, dan material lunak lainnya, menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara tipe ini akan menyerap energi suara lebih besar di frekuensi tinggi. Tipikal kurva karakteristik penyerapan energi suaranya sebagai fungsi frekuensi, dapat dilihat pada gambar berikut:



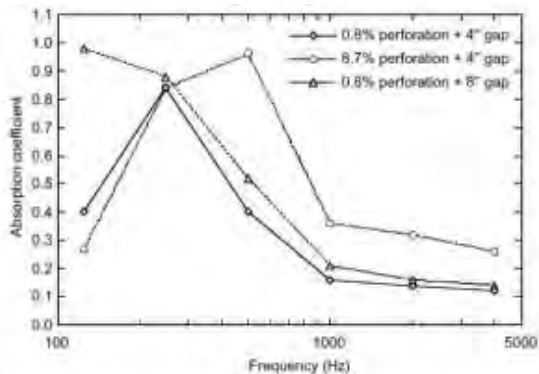
**Gambar 2. 25** Karakteristik Penyerapan Suara *Porous Absorber*

Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energi suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran, yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya (misal oleh udara, atau material berpori). Ini berarti, material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan pada dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energi suara ber frekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibaliknya . Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 2. 26** Karakteristik Penyerapan Suara *Resonant Absorber*

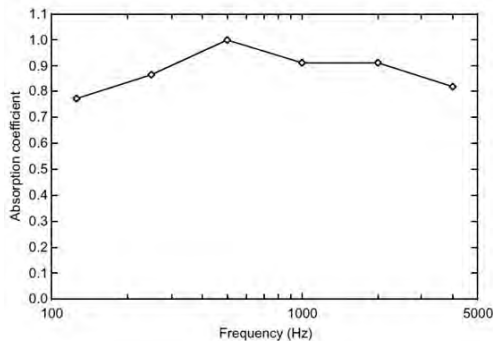
Tipe lain dari bahan penyerap suara ini adalah apa yang disebut sebagai Resonator Helmholtz. Efektifitas bahan penyerap suara tipe ini ditentukan oleh adanya udara yang terperangkap di “pipa atau leher” diatas bidang berisi udara (bentukan seperti leher botol dsb). Permukaan berlobang seperti *reactive muffler* menjadi ciri utama resonator yang bekerja pada frekuensi tertentu, tergantung pada ukuran lubang, leher, dan volume ruang udaranya.



**Gambar 2. 27** Karakteristik Penyerapan Suara *Helmholtz Absorber*



Apabila diinginkan sebuah dinding yang memiliki frekuensi kerja yang lebar (rendah, menengah, dan tinggi), maka harus digunakan gabungan ketiga bahan penyerap suara tersebut. Kombinasi antara proses gesekan dari komponen kecepatan gelombang suara dan resonansi dari komponen tekanan gelombang suara, akan membuat kinerja penyerapan energi suara oleh dinding atau partisi besar untuk seluruh daerah frekuensi. Material seperti ini disebut *wideband absorber*



**Gambar 2.28** Karakteristik Penyerapan Suara *Wideband Absorber*

## 2.9 Koefisien Serap Bunyi

Kemampuan suatu material untuk menyerap bunyi sangat bervariasi. Besarnya penyerapan bunyi ketika gelombang bunyi menumbuk material penyerap dinyatakan dengan koefisien serap bunyi ( $\alpha$ ). Selain itu kemampuan tersebut juga bergantung pada struktur dan massa jenis material. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap. Sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini

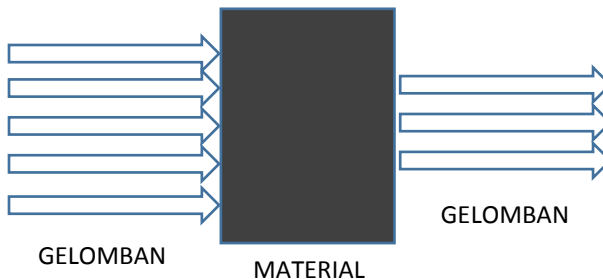


Tabel 2.4 Koefisien penyerapan bunyi dari material akustik

Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
<i>Tegel geocoustic</i> (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak dihaluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
<i>Steel deck</i> (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40

Proses pemindahan daya bunyi dari suatu ruang tertentu, dalam mengurangi tingkat tekanan bunyi dalam volume tertentu, dikenal sebagai penyerapan bunyi. Proses ini berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel. Bagian energi terserap ketika gelombang bunyi dipantulkan darinya disebut dengan koefisien serapan bunyi dari material.

Proses penyerapan bunyi dari suatu material terjadi ketika gelombang bunyi menumbuk material tersebut. Kemudian beberapa gelombang akan diserap dan yang lain diteruskan melewati material tersebut



**Gambar 2. 29** Skema Penyerapan Suara Oleh Material Absorber



Nilai absorpsivitas suara dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\alpha = \frac{W_a}{W_i} \quad (2.10)$$

Sementara,

$$W_a = W_i - W_o \quad (2.11)$$

Sehingga

$$\alpha = \frac{W_i - W_o}{W_i} \quad (2.12)$$

Dimana,  $W_a$  adalah daya suara yang diserap dengan satuan dB.  $W_i$  adalah daya suara yang tiba pada permukaan bahan dengan satuan dB.  $W_o$  adalah daya suara yang keluar dari permukaan bahan dengan satuan dB.  $\alpha$  adalah nilai absorbs suara.

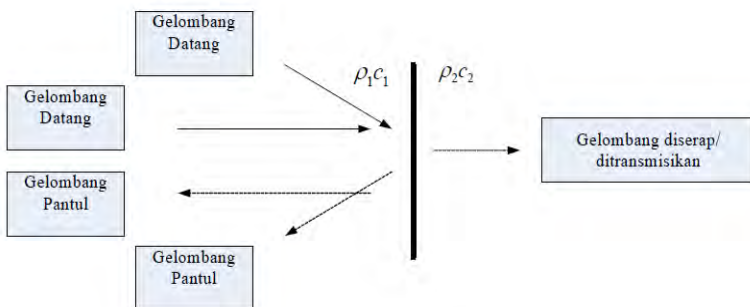
Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti gambar 2.6), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan ( $R$ ) dan diserap/ditransmisikan ( $\alpha$ ) dan kemungkinan yang terjadi adalah :

1. Dipantulkan semua ( $R = 1$ ), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi  $R = 1$  atau koefisien pantul ( $R$ ) adalah 1.
2. Ditransmisikan/diserap semua ( $\alpha = 1$ ), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi  $\alpha = 1$  atau koefisien serap ( $\alpha$ ) adalah 1.
3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ( $0 < \alpha < 1$ ).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi  $\rho_1 c_1$  dan  $\rho_2 c_2$  seperti pada gambar 2.6, dimana  $\rho$  adalah massa jenis material dan  $c$  adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika  $\rho_1 c_1$  lebih kecil dari  $\rho_2 c_2$  kemudian energi dari gelombang datang tidak dapat



ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika  $\rho_1 c_1$  lebih besar dari  $\rho_2 c_2$  dan energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika  $\rho_1 c_1$  sama besar dengan  $\rho_2 c_2$  dan energy yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap.



**Gambar 2.30** Pemantulan dan penyerapan bunyi dari media akustik

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1.  $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$  akan dipantulkan
2.  $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$  akan diserap
3.  $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$  akan diserap dan dipantulkan

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Harga koefisien ini bergantung dari sifat material, frekuensi bunyi, dan sudut gelombang bunyi ketika mengenai permukaan material tersebut. Secara matematis dapat ditulis seperti rumus berikut :

$$\alpha = \text{Absorbed Sound Energy} / \text{Incident Sound Energy}$$



$$\alpha = 1 - [R]^2 = 1 - [Z_2 - \rho_1 C_1 / \rho_2 C_2 + Z_2]^2$$

dimana :

$Z_2 = \rho_2 C_2$  = *Applied force / Particle Velocity*

= Impedansi pada bahan ( kg/m<sup>2</sup> s = rayls )

$\rho_1$  = Kerapatan udara ( kg/m<sup>3</sup> )

$\rho_2$  = Kerapatan bahan

$C_1$  = Cepat rambat bunyi diudara ( m/s )

$C_2$  = Cepat rambat bunyi pada bahan ( m/s )

Dengan  $R$  adalah koefisien refleksi suara, yang didefinisikan sebagai perbandingan tekanan gelombang suara yang dipantulkan terhadap tekanan gelombang suara yang datang. Persamaan tersebut menggunakan asumsi bahwa tidak ada suara yang ditransmisikan atau diteruskan.

## 2.10 Komposit Sebagai Material Akustik

Telah banyak pengujian mengenai pengaplikasian komposit dengan menggunakan serat alam sebagai material penyerap suara. Menurut Alldi dan Farid (2015), komposit serat tebu dan bambu betung dengan (30%Gypsum) mempunyai kemampuan penyerapan suara yang berbeda-beda pada frekuensi tertentu. Pada frekuensi rendah nilai  $\alpha$  (koefisien absorpsi)nya sebesar 0,154 pada frekuensi 125 Hz, namun menurun pada frekuensi 160 Hz dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0,154. Akan tetapi pada frekuensi selanjutnya 200, 250, 315, 400 sampai 630 Hz nilai  $\alpha$  nya terus meningkat sampai 0,36. Pada rentang frekuensi sedang antara 800 sampai 2000 Hz nilai  $\alpha$  nya terus mengalami kenaikan sampai nilai 0,406. Sedangkan pada rentang frekuensi tinggi 2000 Hz sampai 4000 Hz kemampuan menyerap suaranya sangat baik dengan peningkatan nilai  $\alpha$  sampai 0,444 sehingga kemampuan penyerapan terbaik ada pada frekuensi 4000 Hz dengan nilai  $\alpha$  tertinggi.

Semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu



material bukan berarti bahwa material tersebut bagus karena tergantung pada kegunaannya. (Suban dan Farid, 2015).

Farid, dkk (2015) mendapatkan kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekwensi 125 Hz untuk material poliester berpenguat serat rami dan pada frekwensi menengah 1000 Hz untuk material poliester berpenguat serat bambu.

Komposisi pada pembuatan spesimen komposit sangat mempengaruhi dari hasil nilai koefisien absorpsi suara. Pengaruh dari serat yang ditambahkan pada material komposit bermatriks gypsum akan menghasilkan nilai koefisien absorpsi yang berbeda. Hal ini dikarenakan serat terdiri dari beberapa serat halus yang apabila dilihat dari mikroskop optik terlihat bahwa serat tersebut memiliki pori-pori yang mampu menampung suara. Selain itu, ikatan fisis antara serat sebagai penguat dan matriks gypsum juga akan membentuk rongga-rongga halus yang akan menampung suara yang diterima oleh spesimen komposit. (Farid dan Agung, 2015).

Wirajaya (2007) mendapatkan hasil nilai  $\alpha$  yang baik untuk serat kelapa dan serat rami pada frekuensi tinggi. Pada komposit serat kelapa dengan ketebalan 25mm memiliki nilai  $\alpha$  sebesar 0,8-0,9 pada frekuensi 2500-5000 Hz. Pada frekuensi yang sama, serat rami dengan ketebalan 30mm memiliki nilai koefisien suara sebesar 0,7-0,8.

Kartikasari, dkk (2012) mendapatkan nilai koefisien absorpsi suara pada komposit Fenol Formaldehide/Serat Kelapa bervariasi tergantung pada rentang frekuensinya. Nilai koefisien absorpsi suara semuanya berada diatas 0,15 yang merupakan syarat minimal material dikategorikan sebagai material akustik berdasarkan ISO 354 dan ISO 11654. Nilai  $\alpha$  maksimum didapatkan dengan perbandingan serat dan matrik 5:3 pada frekuensi 2792-2832 Hz dengan nilai 0,984.

Sementara itu, Chan, dkk (2012) meneliti morfologi dari komposit Polyurethane/serat kelapa dan didapatkan bahwa komposit tersebut setelah diuji dengan menggunakan SEM





memiliki foam yang sangat banyak. Adanya foam tersebut menyebabkan komposit tersebut bisa dijadikan sebagai salah satu material akustik. Sedangkan Leleury (2012) mendapatkan nilai absorpsi suara yang bagus untuk Polyurethane dengan frekuensi tinggi yaitu 0,4-0,65 pada frekuensi 4000 Hz.

Sakti (2012) mendapatkan hasil bahwa dengan penambahan *blowing agent* akan memperbaiki dan memperbanyak foam. Dikarenakan *blowing agent* memiliki *boiling tempetaure* yang rendah sehingga ketika terjadi reaksi pada pembuatan *polyurethane* akan menguap dan memperbanyak foam.

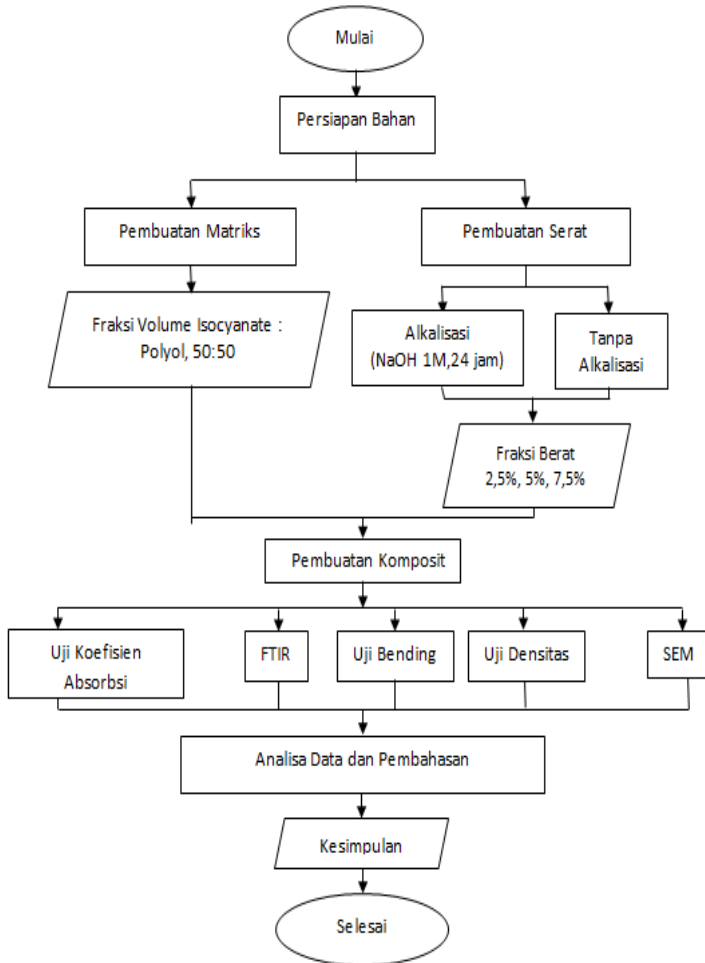
Untuk mendapatkan nilai komposit yang baik, pada serat biasanya diberikan alkali treatment dengan cara direndam dengan larutan basa dengan waktu tertentu. Eriningsih (2009) mendapatkan hasil bahwa dengan perendaman serat rami akan mengakibatkan penurunan nilai  $\alpha$  akan tetapi meningkatkan sifat mekanik. Hal ini disebabkan karena dengan proses alkali akan menghilangkan kandungan gum pada serat yang terdiri dari lignin dan pektin, sehingga akan mengurangi jumlah void yang dihasilkan pada komposit, Besarnya fraksi void akan mempengaruhi sifat porositas, semakin tinggi fraksi void, maka akan menaikkan nilai  $\alpha$ . Maryanti, dkk (2011) mendapatkan hasil bahwa konsentrasi larutan alkali untuk mendapatkan hasil sifat mekanik yang maksimal pada komposit polyester/serat kelapa adalah sebesar 5%.



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Metode Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

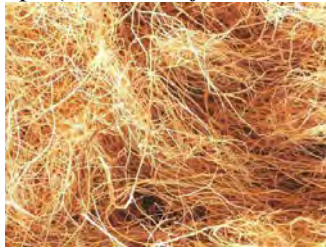


### 3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

#### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Serat sabut kelapa (*Cocos nucifera L*)



**Gambar 3.2** Serabut Kelapa

2. Air



**Gambar. 3.3** Air

3. NaOH 5%



**Gambar. 3.4** NaOH

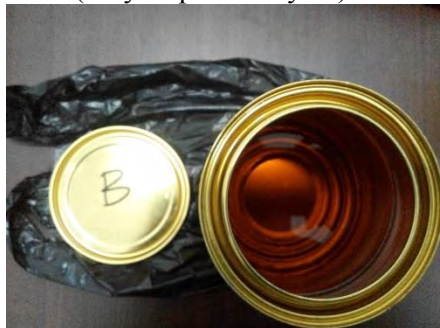


#### 4. Polyurethane A (Phenyl Isocyanate)



**Gambar. 3.5** Polyuretane A

#### 5. Polyurethane B (PolyPropilene Glycol)



**Gambar 3.6** Polyurethane B

### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Gunting  
Gunting digunakan untuk memotong serabut kelapa agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan
2. Cetakan  
Cetakan digunakan untuk mencetak specimen uji
3. Timbangan digital



Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang akan digunakan

4. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur dimensi specimen

5. Gergaji

Gergaji digunakan untuk melepaskan specimen dari cetakan

6. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan serat setelah perendaman dengan NaOH. Oven yang digunakan milik Laboratorium Pengolahan Material di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

7. Mesin Pencacah Organik

Mesin pencacah organik yang digunakan milik laboratorium kimia dan bahan alam milik Jurusan Teknik Kimia ITS

8. Mesin Sieving

Mesin sieving yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



**Gambar 3.7** Mesin Sieving

9. Mesin Uji Absorpsi Suara

Mesin uji absorpsi suara milik Laboratorium Akustik Material di Jurusan Teknik Fisika ITS



**Gambar 3.8** Mesin Uji Koefisien Absorpsi Suara

10. Mesin SEM

Mesin SEM yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS



**Gambar 3.9** Mesin Uji SEM



11. Mesin Uji Bending

Mesin uji bending yang digunakan milik laboratorium UNAIR



**Gambar 3.10** Mesin Uji Bending

12. Mesin FTIR

Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



**Gambar 3.11** Mesin Uji FTIR





### 13. Mesin TGA

Mesin TGA yang digunakan milik laboratorium Energi ITS Surabaya



**Gambar 3.12** Mesin Uji FTIR

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ialah proses alkali dan tanpa alkali. Serta perbandingan fraksi berat serat masing-masing komposisi polyurthane sebesar 2.5%, 5% dan 7.5%

### 3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan



**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian

No	Spesimen Uji	Pengujian				
		SEM	FTIR	Bending	Densitas	Absorpsi Suara
1	PU(50PPI:50P PG)	v	v	v	v	v
2	CF nonalkalinated		v	-	-	-
3	CF alkalinated		v	-	-	-
4	PU+2,5%CF nonalkalinated	v	v	v	v	v
5	PU+5%CFnon alkalinated			v	v	v
6	PU+7,5%CF nonalkalinated			v	v	v
7	PU+2,5% CF alkalinated	v	v	v	v	v
8	PU+5% CF alkalinated			v	v	v
9	PU+7,5% CF alkalinated			v	v	v

Keterangan:

PU = Polyurethane

CF = Coir Fiber

### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini sangat penting untuk dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang kita lakukan.



### 3.5.1.1 Pengolahan Serat Kelapa

1. Serat kelapa dibersihkan dari pengotor dengan air bersih.
2. Serat kelapa yang telah bersih kemudian dibagi dua.
3. Serat yang pertama tidak diberikan perlakuan alkali dengan cara direndam dengan NaOH 5% selama 24 jam untuk mengurangi kandungan ligninnya.
4. Serat kedua tidak diberikan perlakuan alkali
5. Kemudian serat kelapa dibilas dengan aquades lalu dikeringkan dengan oven hingga struktur serat kelapa sangat kering.
6. Serat yang telah kering di perhalus dengan mesin pencacah organic.
7. Serat di meshing untuk didapatkan ukuran yang homogen sebesar 250-450 mikron mesh.
8. Serat ditimbang sesuai perhitungan.



(a)

(b)

Gambar 3.13 Serat Kelapa (a)non alkali, (b)alkali

### 3.5.1.2 Pengolahan Matriks Polyurethane

1. Phenyl-Isocyanate (Polyurethane A) dan PolyPropylene Glycol (Polyurethane B) dimasukkan dalam wadah berbeda lalu ditimbang sesuai perhitungan

### 3.5.1.3 Pembuatan Cetakan

1. Untuk cetakan uji absorbs suara terbuat dari pipa pvc dengan diameter 110 mm dan tinggi 30 mm



2. Untuk Cetakan Uji Bending terbuat dari seng dengan ukuran 140x15x5 mm

#### **3.5.1.4 Pembuatan Komposit**

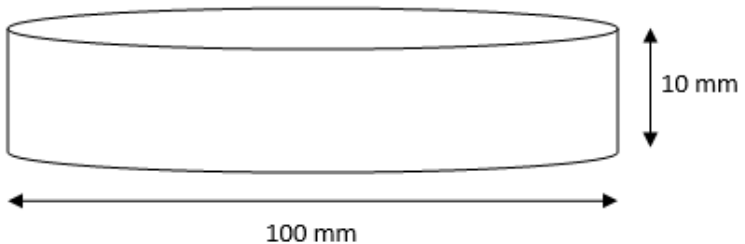
1. Pembuatan specimen dilakukan dengan menimbang massa phenyl isocyanate dan poly propylene glycol sesuai dengan perbandingan komposisi yang ditentukan
2. Setelah itu menimbang massa serat sesuai dengan fraksi yang ditentukan
3. Serat yang telah ditimbang lalu dimasukkan kedalam wadah yang berisi poly propylene glycol, kemudian diaduk hingga rata.
4. Kemudian menuangkan phenyl isocyanate kedalam wadah dan diaduk hingga pencampuran homogen dan campuran menjadi berwarna terang.
5. Campuran tersebut dituangkan kedalam cetakan dan didiamkan selama 1 hari.
6. Specimen dikeluarkan dari cetakan.
7. Specimen disesuaikan dimensinya dengan standar pengujian.

#### **3.5.2 Proses Pengujian**

Setelah specimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

##### **3.5.2.1 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara**

Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien absorbsi suara adalah tabung impedansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100mm dan tinggi 10 mm seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :



**Gambar 3.14** Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara

Pengujian absorbsi suara adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Kualitas material penyerap suara ditentukan dari harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi). Semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin baik kemampuan material tersebut dalam menyerap suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0 maka tidak ada bunyi yang diserap oleh material tersebut sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1 maka 100 % bunyi yang datang diserap oleh material tersebut.

Prinsip pengujian koefisien absorbsi suara adalah specimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter.

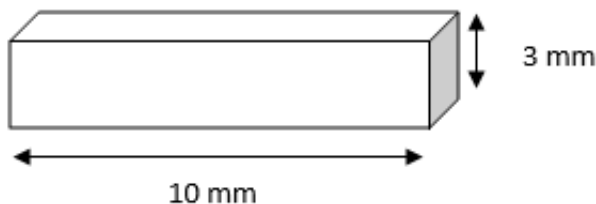
Untuk pengujian absorbsi suara specimen dibuat dengan cetakan pipa PVC dengan ukuran diameter 10cm dan tebal 1cm. Pada pipa tersebut dilapisi dengan Aluminium Foil agar tidak terjadi reaksi antara specimen dengan cetakan. Kemudian specimen dirapikan.



**Gambar 3.15** Spesimen Absorpsi Suara

### 3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, pori serta bentuk partikel material. Standar yang digunakan adalah ASTM E2809. Specimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10x10x3 mm.

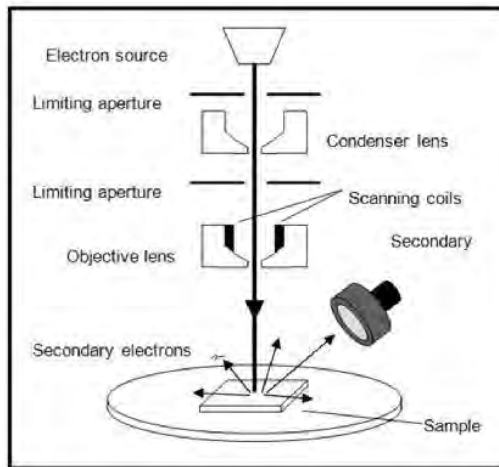


**Gambar 3.16** Dimensi Spesimen SEM

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut, sebuah pistol elektron akan memproduksi sinar elektron, kemudian

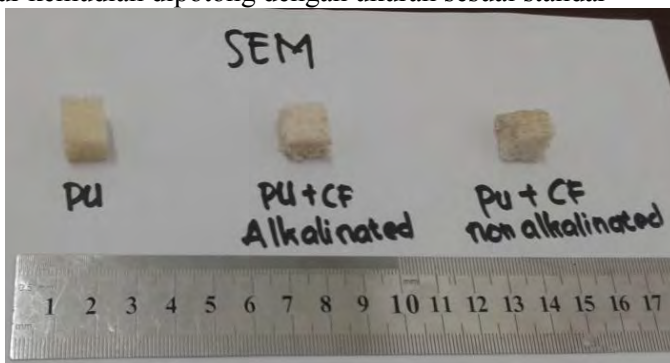


elektron tadi dipercepat oleh anoda, setelah itu lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel, elektron telah fokus tadi memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai, ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT)



**Gambar. 3.17** Prinsip Kerja SEM

Pembuatan spesimen SEM diambil dari sisa spesimen uji lentur kemudian dipotong dengan ukuran sesuai standar



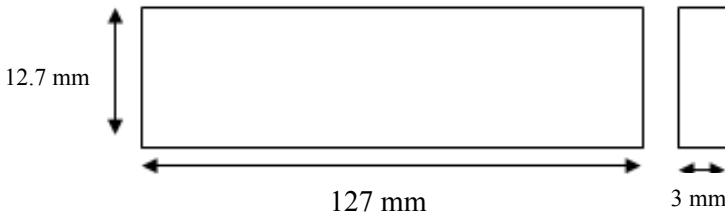
**Gambar. 3.18** Spesimen SEM



### 3.5.2.3 Pengujian Lentur

Nilai kelenturan digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan ini dilakukan dengan metode three point bend. Specimen diletakkan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah specimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Baristand Surabaya.

Prosedur pengujian berdasarkan Standar ASTM D790 dimana dimensi specimen yang diuji ialah sebesar 128x25x4 mm yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



**Gambar 3.19** Dimesi Uji Kelenturan

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_f = (3 PL / 2 bd^2)[1+6(D/L)^2-4(d/L)(D/L) \quad (3.1)$$

Keterangan:

$\sigma_f$  = Kekuatan Lentur (MPa)

L = Support Span (mm)

P = Beban Patah (N)

b = Lebar Spesimen (mm)

d = Tebal Spesimen (mm)

D= Defleksi ( $D=0.05L^2/bd$ )





Spesimen lentur dibuat dengan cetakan dari seng berukuran 140x15x5 mm. kemudian spesimen dipotong sesuai dengan standar.



**Gambar 3.20** Spesimen Uji Lentur

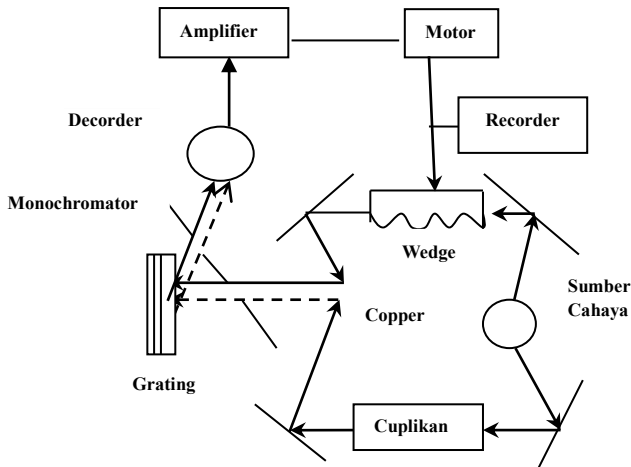
#### 3.5.2.4 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada pada bambu. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan dari serat bambu serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. Skema dari mesin FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.19

Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati



chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah.



**Gambar 3.21** Skema Uji FTIR

Spesimen untuk FTIR ditunjukkan oleh gambar 3.20



**Gambar 3.22** Spesimen FTIR



### 3.5.2.5 Pengujian Densitas

Polyurethane merupakan material bervoid untuk itu perlu diketahui void dari densitas yang terbentuk pada komposit. Uji densitas dilakukan dengan Hukum Archimedes. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen absorpsi suara. Pada mulanya serat kelapa ditimbang terlebih dahulu dan diukur volumenya untuk mengetahui massa jenisnya. Perhitungan massa dilakukan dengan mengukur massa dengan timbangan digital. Sedangkan menghitung volume dilakukan dengan menghitung diameter dan tinggi spesimen. Kemudian dihitung dengan rumus tabung.

$$\text{Volume} = 1/4 \times \pi \times D \times D \times T$$

Setelah didapatkan massa dan volume, maka massa jenis dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Massa Jenis (gr/cm}^3\text{)} = \frac{\text{massa (gr)}}{\text{volume (cm}^3\text{)}}$$

Untuk massa jenis kelapa alkali adalah 1,13gr/cm<sup>3</sup> sedangkan serat kelapa non alkali adalah sebesar 0,96gr/cm<sup>3</sup>. Kemudian massa jenis Polyurethane dicari dengan cara yang sama dan didapatkan nilai sebesar 0,04gr/cm<sup>3</sup>

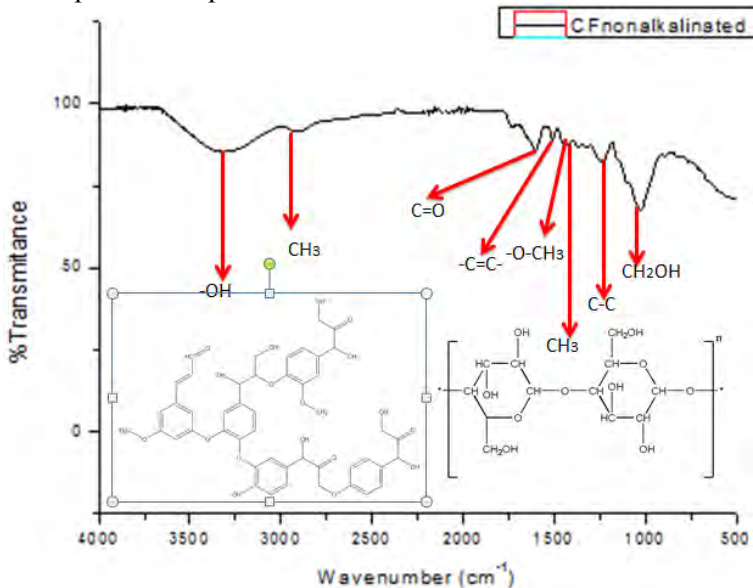


*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis FTIR

Serat kelapa mengandung senyawa lignin dan juga selulosa. Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengujian FTIR terhadap serat kelapa



**Gambar 4.1** Hasil Pengujian FTIR CFnonalkalinated

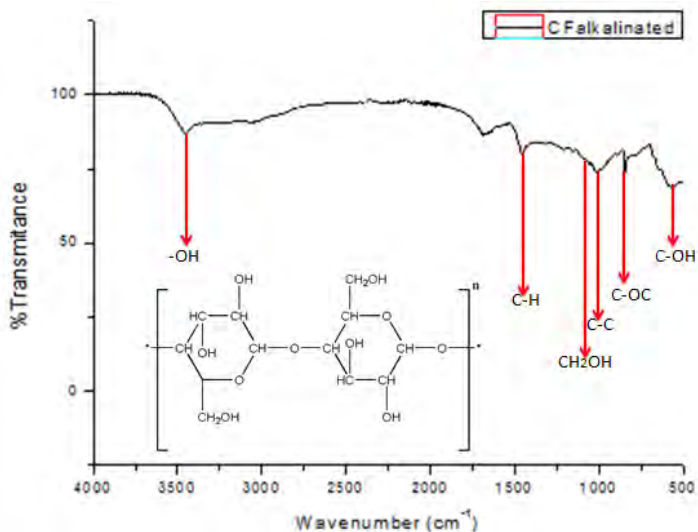
Tabel 4.1 menunjukkan wavenumber dari puncak-puncak hasil pengujian FTIR terhadap serat kelapa nonalkali. Dari tabel tersebut, menunjukkan adanya ikatan OH pada puncak gelombang 3333 cm<sup>-1</sup>, ikatan CH<sub>3</sub> pada 2916 cm<sup>-1</sup> dan 1369 cm<sup>-1</sup>, gugus aromatik pada ikatan -C=C- dengan puncak gelombang 1508 cm<sup>-1</sup>, -O-CH<sub>3</sub> pada 1420 cm<sup>-1</sup>, C-C pada 1238 cm<sup>-1</sup> serta CH<sub>2</sub>OH pada 1030 cm<sup>-1</sup> seperti yang ada pada tabel 4.1 berikut



Tabel 4.1 Daerah Serapan Infra Merah Serat Kelapa Non alkalinated

Daerah Serapan (cm-1)	Ikatan	Gugus Fungsi
3333	OH	Alkohol
2916	CH <sub>3</sub>	Alkana
1604	C=O	Keton
1508	C=C	Aromatik
1420	O-CH <sub>3</sub>	Methyl
1369	CH <sub>3</sub>	Alkana
1238	C-C	Alkana
1030	CH <sub>2</sub> OH	Lipid

Proses alkali pada serat kelapa akan menyebabkan lignin terlarut dengan NaOH, sehingga hanya terdapat selulosa pada serat. Gambar 4.2 menunjukkan hasil uji FTIR pada serat kelapa alkali.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian FTIR CFalkalinated

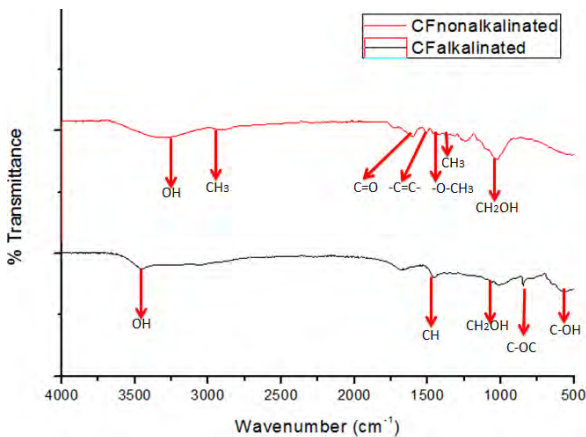


Tabel 4.2 menunjukkan wavenumber dari puncak-puncak hasil pengujian FTIR terhadap serat kelapa alkali. Dari tabel tersebut, menunjukkan adanya ikatan OH pada puncak gelombang  $3449\text{ cm}^{-1}$ , ikatan C-H pada  $1437\text{ cm}^{-1}$ , gugus fungsi lipid dengan ikatan  $\text{CH}_2\text{OH}$  pada  $1055\text{ cm}^{-1}$ , C-C pada  $1015\text{ cm}^{-1}$ , C-O-C pada  $847\text{ cm}^{-1}$  dan C-OH pada  $570\text{ cm}^{-1}$ .

Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah Serat Kelapa alkali

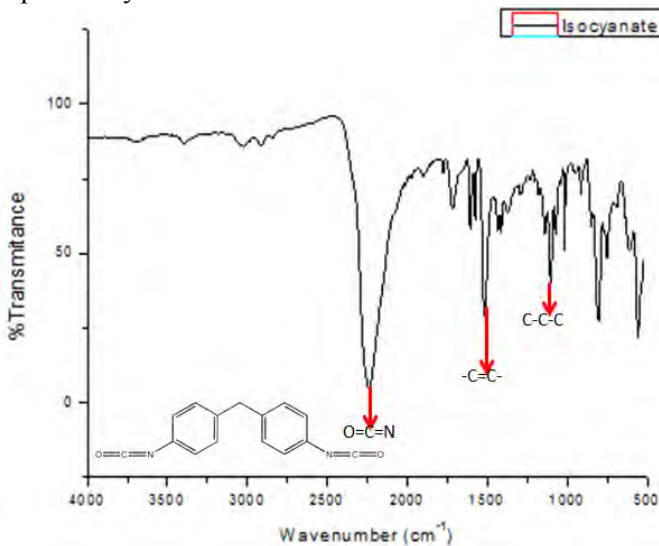
Daerah Serapan (cm-1)	Ikatan	Gugus Fungsi
3449	OH	Alkohol
1437	C-H	Alkana
1055	$\text{CH}_2\text{OH}$	Lipid
1015	C-C	Alkana
847	C-O-C	Ether
570	C-OH	Alkohol

Serat kelapa memiliki gugus fungsi lipid yang ditandai dengan ikatan  $\text{CH}_2\text{OH}$ . Perbedaan dari serat kelapa alkali dan non alkali adalah adanya lignin pada non alkali yang tidak dimiliki oleh serat kelapa alkali. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada serat kelapa non alkali terdapat ikatan  $\text{CH}_3$ ,  $\text{O-CH}_3$ , gugus keton  $\text{C=O}$  dan gugus aromatic  $\text{C=C}$  yang merupakan identifikasi utama dari adanya lignin pada serat tersebut. Akan tetapi, setelah dialkali ikatan-ikatan tersebut hilang. Setelah proses alkali, maka gugus fungsi yang menunjukkan adanya lignin akan hilang (Abdul, 2012). Leonard (2013) juga mendapati hilangnya lignin pada kelapa yang sudah dilakukan proses alkali. Hal itu terbukti, dimana pada tabel 4.2 tidak menunjukkan adanya puncak gelombang dari ikatan-ikatan yang ada pada lignin. Selain itu, pada serat kelapa alkali terdapat ikatan C-OC, C-OH dan juga CH menunjukkan ikatan yang terdapat pada selulosa.



**Gambar 4.3** Perbandingan Hasil FTIR pada Serat Kelapa

Polyurethane A dan Polyurethane B merupakan bahan untuk membuat Polyurethane. Gambar 4.4 menunjukkan hasil uji FTIR pada Polyurethane A.



**Gambar 4.4** Hasil Pengujian FTIR Polyurethane A



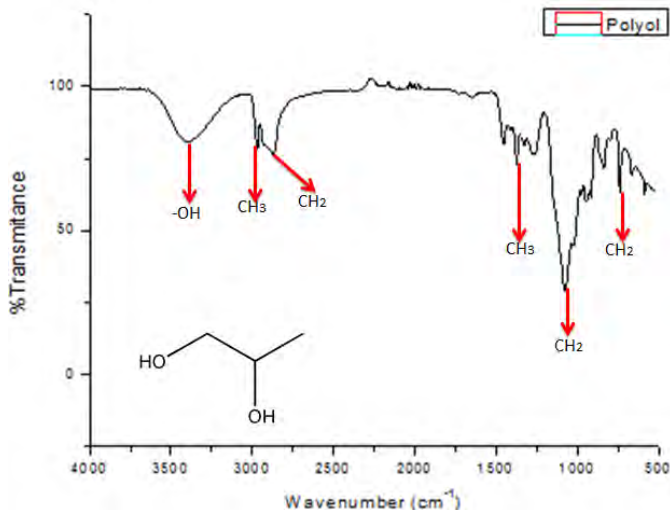


Tabel 4.3 menunjukkan wavenumber dari puncak-puncak hasil pengujian FTIR terhadap Polyurethane A. Dari tabel tersebut, terdapat ikatan  $O=C=N$  atau gugus cyanate pada puncak gelombang  $2240\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan bahwa Polyurethane A merupakan Isocyanate. Terdapat juga gugus aromatik dengan ikatan  $C=C$  pada puncak gelombang  $1519\text{ cm}^{-1}$ ,  $C-C-C$  pada  $1104\text{ cm}^{-1}$ .

Tabel 4.3 Daerah Serapan Infra Merah Polyurethane A

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Ikatan	Gugus Fungsi
2240	$O=C=N$	Cyanate
1519	$C=C$	Aromatik
1104	$C-C-C$	Alkana

Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian FTIR terhadap Polyurethane B.



**Gambar 4.5** Hasil Pengujian FTIR Polyurethane B

Tabel 4.4 menunjukkan wavenumber dari puncak-puncak hasil pengujian FTIR terhadap Polyurethane A. Dari tabel

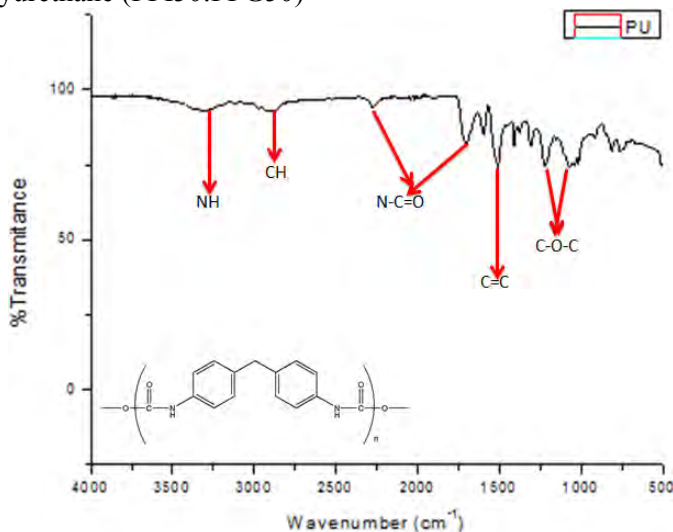


tersebut, ikatan OH pada puncak gelombang  $3398\text{ cm}^{-1}$  dan  $\text{CH}_2$  pada puncak gelombang  $1077\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus glycol. Sehingga bisa disimpulkan bahwa Polyurethane B adalah Polyol. Selain itu terdapat juga ikatan  $\text{CH}_3$  pada puncak gelombang  $2968\text{ cm}^{-1}$  dan  $1274\text{ cm}^{-1}$  serta ikatan  $\text{CH}_2$  pada  $2871\text{ cm}^{-1}$  dan  $832\text{ cm}^{-1}$

Tabel 4.4 Daerah Serapan Infra Merah Polyurethane B

Daerah Serapan (cm-1)	Ikatan	Gugus Fungsi
3398	OH	Alkohol
2968	CH3	Alkana
2871	CH2	Alkana
1274	CH3	Alkana
1077	CH2	Alkana
838	CH2	Alkana

Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian FTIR terhadap Polyurethane (PPI50:PPG50)



**Gambar 4.6** Hasil Pengujian FTIR Polyurethane

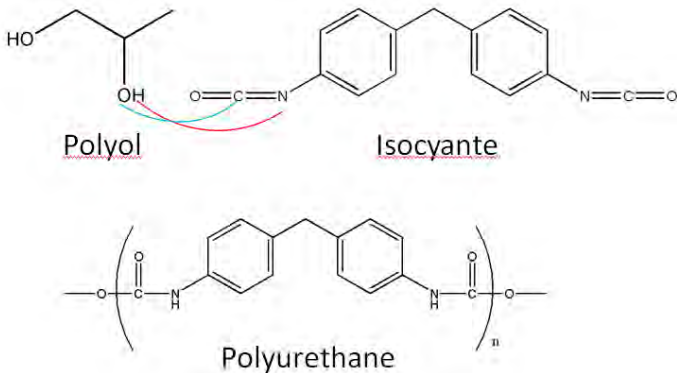


Tabel 4.5 menunjukkan wavenumber dari puncak-puncak data hasil pengujian FTIR terhadap Polyurethane (PPI50:PPG50). Dari tabel tersebut, terdapat gugus Urethane yaitu N-C=O pada puncak gelombang  $2274\text{ cm}^{-1}$  dan  $1704\text{ cm}^{-1}$  serta ikatan NH pada puncak gelombang  $3317\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan bahwa material tersebut merupakan Polyurethane. Selain itu terdapat gugus aromatik dengan ikatan C=C pada puncak gelombang  $1508\text{ cm}^{-1}$ , gugus Ether dengan ikatan C-O-C pada  $1220\text{ cm}^{-1}$  dan  $1069\text{ cm}^{-1}$  serta CH pada  $2903\text{ cm}^{-1}$ .

Tabel 4.5 Daerah Serapan Infra Merah Polyurethane

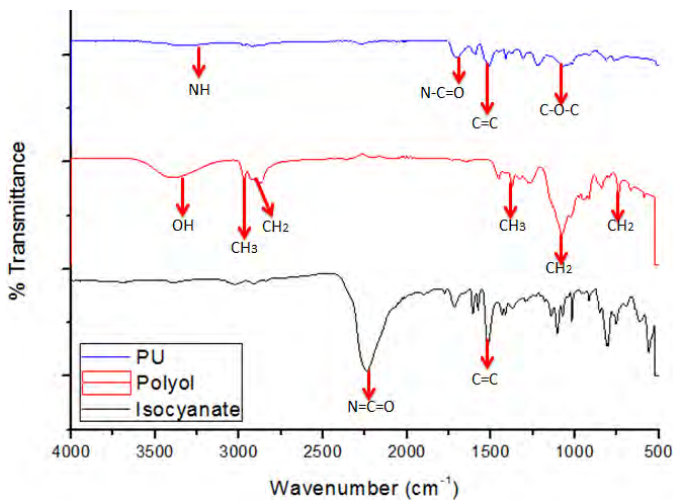
Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Ikatan	Gugus Fungsi
3317	NH	Alkohol
2903	CH	Alkana
2274	N-C=O	Urethane
1704	N-C=O	Urethane
1508	C=C	Aromatik
1220	C-O-C	Eter
1069	C-O-C	Eter

Hasil pengujian pada Polyurethane A yang terdapat pada tabel 4.3 menunjukkan adanya gugus cyanate dengan ikatan N=C=O, dan juga gugus aromatic C=C yang menunjukkan identifikasi utama dari Isocyanate. Hasil pengujian pada Polyurethane B yang terdapat pada tabel 4.4 menunjukkan adanya gugus fungsi alkohol dengan OH dan beberapa ikatan dengan gugus alkane yang merupakan identifikasi utama dari Polyol. Polyurethane dibuat dengan mereaksikan gugus Cyanate pada Isocyanate dan Glycol pada Polyol sehingga membentuk gugus Urethane.



**Gambar 4.7** Skema Reaksi pada polyurethane

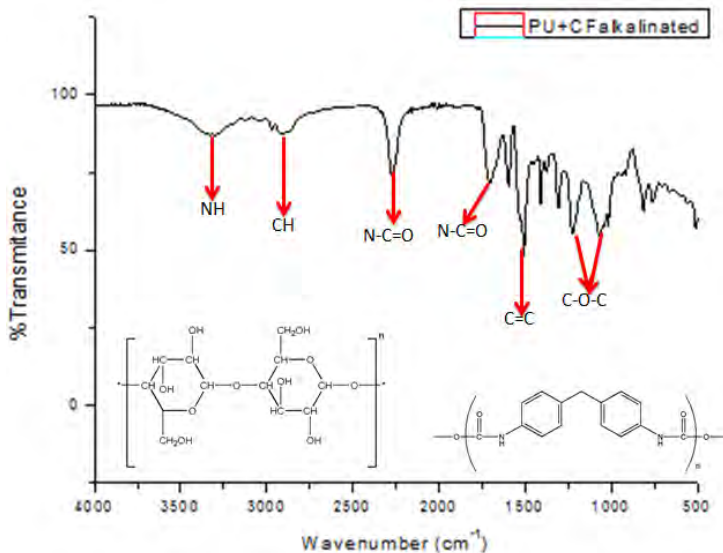
Hasil pengujian Polyurethane yang terdapat pada tabel 4.5 menunjukkan adanya gugus fungsi aromatik C=C, ikatan NH, gugus fungsi ether C-O-C dan juga terdapat gugus urethane yaitu N-C=O yang merupakan identifikasi utama dari Polyurethane.



**Gambar 4.8** Perbandingan Hasil FTIR pada Polyurethane, Polyol dan Isocyanate



Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengujian FTIR pada komposit Polyurethane berpenguat serat kelapa alkali.



**Gambar 4.9** Hasil Pengujian FTIR PU+CFalkalinated

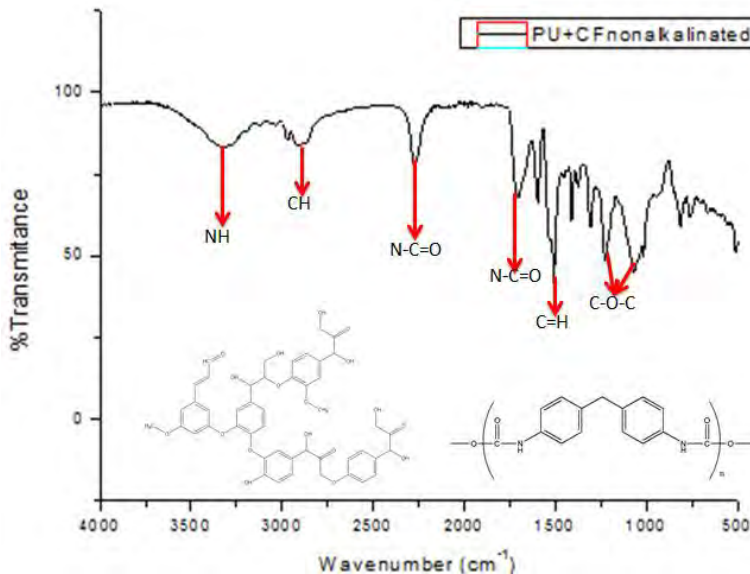
Tabel 4.6 menunjukkan wavenumber dari puncak-puncak data hasil pengujian FTIR terhadap komposit Polyurethane berpenguat serat kelapa alkali. Dari tabel tersebut, terdapat gugus Urethane yaitu N-C=O pada puncak gelombang  $2272\text{ cm}^{-1}$  dan  $1705\text{ cm}^{-1}$  serta ikatan NH pada puncak gelombang  $3296\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan bahwa material tersebut merupakan Polyurethane. Selain itu terdapat ikatan CH pada puncak gelombang  $2917\text{ cm}^{-1}$ , gugus aromatik dengan ikatan C=C pada  $1507\text{ cm}^{-1}$ , gugus ether dengan ikatan C-O-C pada  $1226\text{ cm}^{-1}$  dan  $1069\text{ cm}^{-1}$ .



Tabel 4.6 Daerah Serapan Infra Merah PU+CFalkalinated

Daerah Serapan (cm-1)	Ikatan	Gugus Fungsional
3296	NH	Alkohol
2917	CH	Alkana
2272	N-C=O	Urethane
1705	N-C=O	Urethane
1507	C=C	Aromatik
1226	C-O-C	Ether
1069	C-O-C	Ether

Gambar 4.10 menunjukkan hasil pengujian FTIR pada komposit Polyurethane berpenguat serat kelapa nonalkali. Grafik hasil pengujian komposit Polyurethane berpenguat serat kelapa nonalkali tidak jauh berbeda dibandingkan dengan komposit berpenguat serat kelapa alkali.



Gambar 4. 10 Hasil Pengujian FTIR PU+CFnonalkalinated

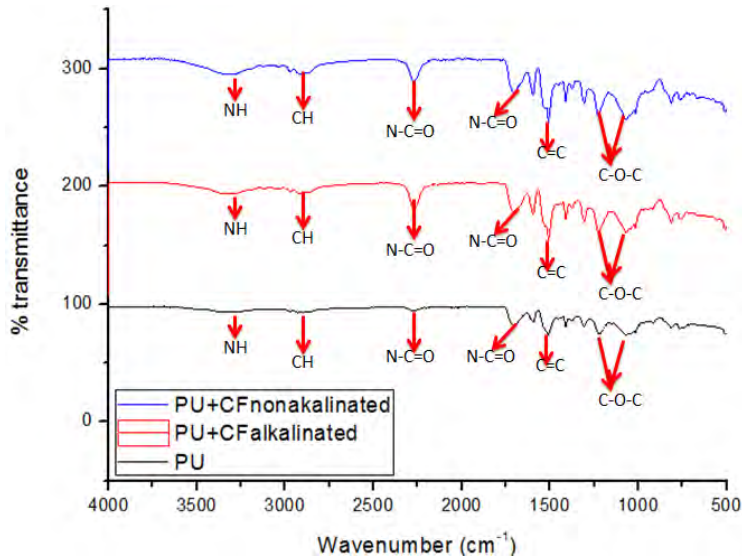


Tabel 4.7 menunjukkan wavenumber dari puncak-puncak data hasil pengujian FTIR terhadap komposit Polyurethane berpeguat serat kelapa alkali. Dari tabel tersebut, terdapat gugus Urethane yaitu N-C=O pada puncak gelombang  $2272\text{ cm}^{-1}$  dan  $1705\text{ cm}^{-1}$  serta ikatan NH pada puncak gelombang  $3296\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan bahwa material tersebut merupakan Polyurethane. Selain itu terdapat gugus aromatik C=C pada  $1507\text{ cm}^{-1}$ , gugus Ether dengan ikatan C-O-C pada  $1226\text{ cm}^{-1}$  dan  $1069\text{ cm}^{-1}$  serta CH pada  $2917\text{ cm}^{-1}$ .

Tabel 4.7 Daerah Serapan Infra Merah PU+CFnonalkalinated

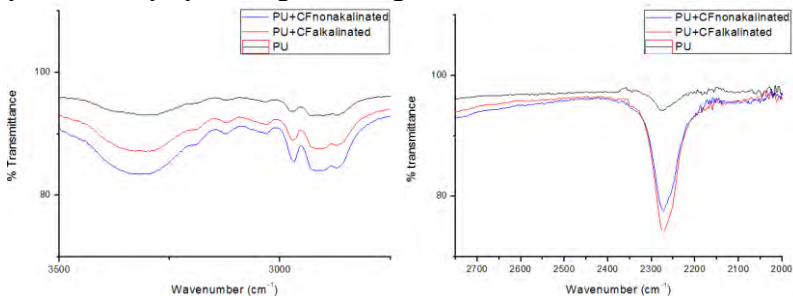
Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Ikatan	Gugus Fungsi
3317	NH	Alkohol
2917	CH	Alkana
2272	N-C=O	Urethane
1705	N-C=O	Urethane
1507	C=C	Aromatik
1226	C-O-C	Ether
1069	C-O-C	Ether

Pada komposit tidak terjadi ikatan kimia antara matriks dan serat (Farid, 2013). Dari pengujian FTIR Polyurethane dan juga komposit Polyurethane berpenguat serat kelapa, tidak terjadi perubahan ikatan kimia.



**Gambar 4.11** Perbandingan Hasil FTIR pada Komposit

Dengan penambahan serat, hanya menyebabkan berubahnya transmitansi dan juga beberapa puncak gelombang. Gambar 4.17 menunjukkan hasil uji FTIR dari PU (PPI50:PPG50), PU+CFalkalinated serta PU+CFnonalkalinated pada beberapa puncak gelombang



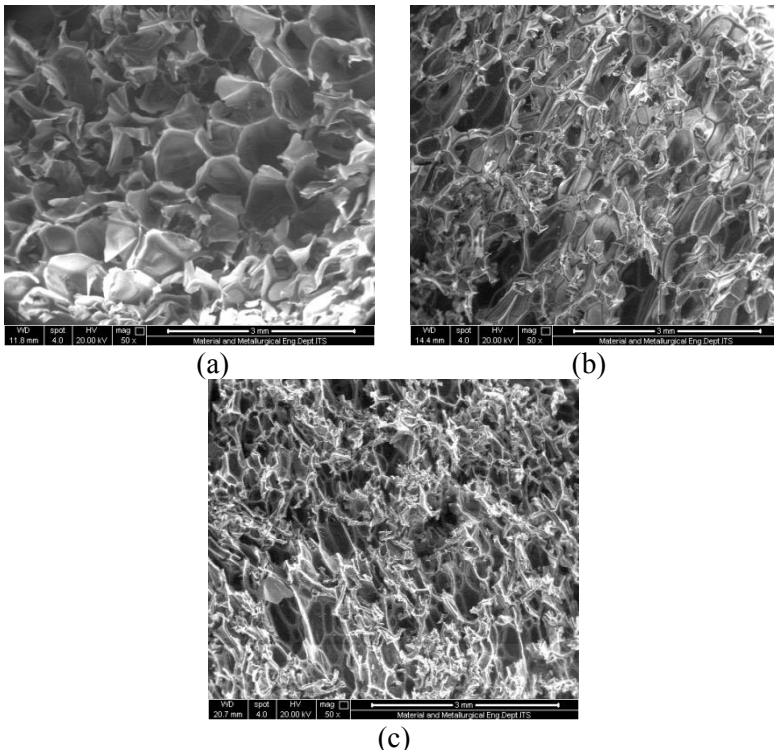
**Gambar 4.12** FTIR Spektra ikatan NH dan N-C=O





### 4.3 Analisis Morfologi

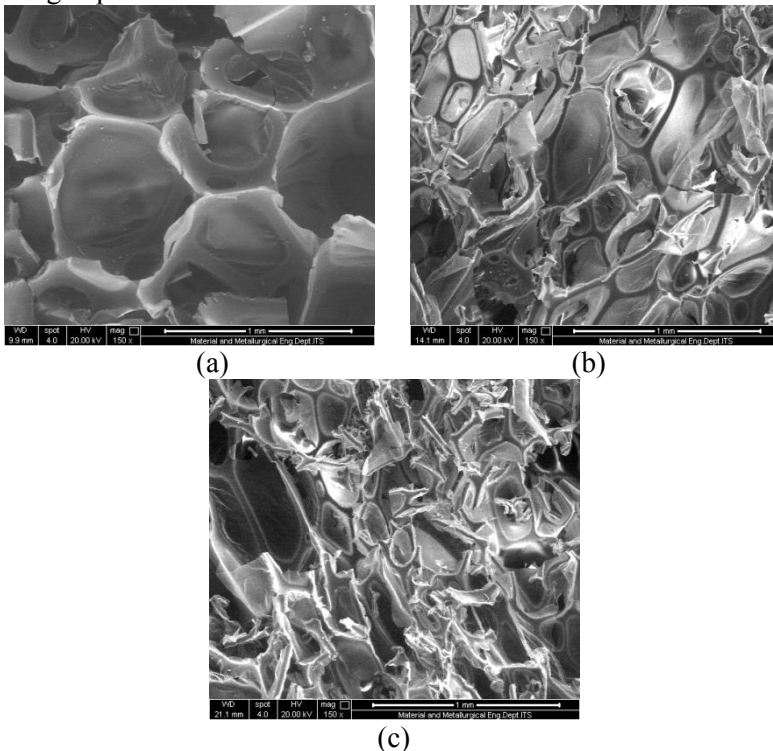
Morfologi dari polyurethane murni dan komposit berpenguat serat kelapa baik alkali maupun non alkali. ditunjukkan dengan fotomikrograph Scanning Electron Microscope. Pengujian morfologi ini dilakukan di laboratorium karaterisasi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Spesimen uji SEM dilapisi coating AuPd setelah itu dimasukkan kedalam alat uji SEM. Gambar 4.18 menunjukkan hasil foto SEM pada PU (50PPI:50PPG), PU+CFalkalinated serta PU+CFnonalkalinated



**Gambar 4.13** Mikrostruktur dengan perbesaran 50x (a) PU (50PPG:50PPG) , (b) PU+CFalkalinated dan (c) PU+CFnonalkalinated



Gambar 4.13 (a) menunjukkan bahwa Polyurethane murni memiliki foam yang teratur. Penambahan serat akan menyebabkan foam menjadi tidak beraturan Seperti pada gambar 4.13 (b) dan 4.13 (c). Hal ini disebabkan karena reaksi ikatan antara isocyanate dan polyol yang tidak sempurna jika ditambahkan dengan serat (Shan, 2012). Gambar 4.14 menunjukkan hasil mikrostruktur dengan perbesaran 250x.



**Gambar 4.14** Mikrostruktur dengan perbesaran 250x (a) PU (50PPI:50PPG), (b) PU+CFalkalinated dan (c) PU+CFnonalkalinated

Gambar 4.14 (a) menunjukkan bahwa foam yang dihasilkan adalah closed cell. Penambahan serat kan menyebabkan foam terdeformasi dan berukuran lebih kecil (Chan,



2012). Gambar 4.14 (b) dan 4.14 (c) menunjukkan foam yang dihasilkan menjadi lebih kecil. (Verdojo, 2009) mendapatkan hasil yang sama, yakni penambahan serat pada Polyurethane hanya akan menyebabkan foam terdeformasi menjadi ukuran yang lebih kecil.

Hasil SEM pada komposit tidak menunjukkan adanya serat. Hal ini dikarenakan ukuran serat yang kecil dan fraksi massa yang sangat kecil. (Shan, 2012) juga tidak mendapati adanya serat pada hasil SEM komposit dengan penguat serat kelapa dan partikel karet yang disebabkan dimensi serat yang sangat kecil sehingga terlihat menyatu dengan mengecilnya dimensi foam pada komposit.

#### 4.4 Analisis Densitas Komposit

Pengujian densitas dilakukan dengan mengukur massa dan volume dari komposit. Tabel 4.8 menunjukkan nilai massa jenis pada komposit Polyurethane berpenguat serat kelapa alkali dan serat kelapa non alkali dengan fraksi massa masing-masing seberar 2,5%, 5% dan 7,5%.

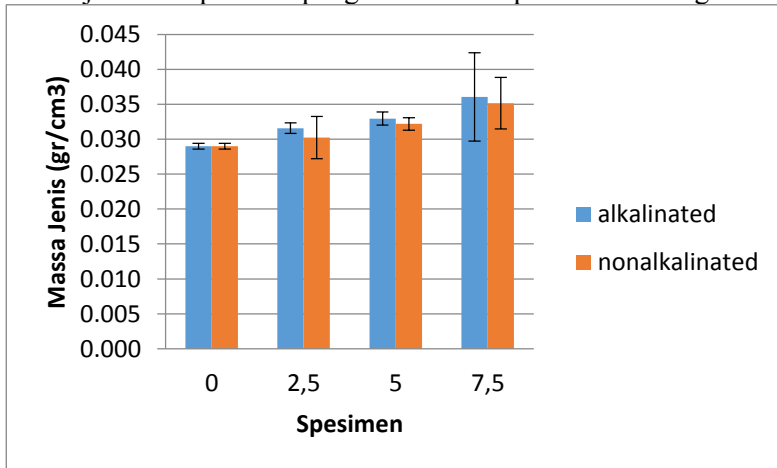
Tabel 4.8 Massa Jenis Komposit

Fraksi Massa (%Wt)	Nilai Densitas ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	
	Nonalkalinated	Alkaliated
0	0.029 $\pm$ 0.0004	0.029 $\pm$ 0.0004
2,5	0.030 $\pm$ 0.0030	0.032 $\pm$ 0.0008
5	0.032 $\pm$ 0.0009	0.033 $\pm$ 0.0009
7,5	0.035 $\pm$ 0.0037	0.036 $\pm$ 0.0063

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa dengan penambahan serat pada komposit akan menyebabkan kenaikan massa jenis dikarenakan massa jenis serat yang lebih tinggi dari pada Polyurethane. PU+CFalkalinate memiliki massa jenis yang lebih tinggi dibandingkan massa jenis PU+CFnonalkalinated. Hal ini dikarenakan serat kelapa alkali memiliki massa jenis yang lebih



tinggi. M. Thirumal dkk (2007) mengatakan bahwa densitas pada polyurethane tergantung pada kuantitas gas. Semakin besar ukuran pori, semakin kecil densitas. Sehingga dengan volume yang sama, massa serat kelapa non alkali lebih rendah jika dibandingkan serat kelapa alkali. Hal tersebut menyebabkan massa jenis komposit berpenguat serat kelapa alkali meningkat.



**Gambar 4.15** Massa Jenis pada Komposit

#### 4.5 Analisis Koefisien Absorpsi Suara

Pengujian absorpsi suara dilakukan di Laboratorium Akustik Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Metode yang digunakan dalam pengujian ini sesuai dengan standar ASTM E1050 mengenai pengujian material akustik. Perangkat yang digunakan dalam pengujian ini meliputi : dua *microfon*, *amplifier*, tabung impedansi B&K 4206, *pulse multi analyzer*, dan laptop. Cara kerjanya, spesimen diletakkan didalam tabung impedansi dengan posisi melintang dengan disangga plastisin. Kemudian mensetting frekuensi yang ingin dikeluarkan oleh *sound source*. Gelombang yang datang akan diterima oleh mikrofon 1, diserap oleh permukaan spesimen, dan ditangkap kembali oleh mikrofon 2. Hasil dari gelombang yang



datang dan tertangkap oleh mikrofon kemudian dianalisa untuk mendapatkan *Frequency Response Function*. Perhitungan nilai koefisien absorpsi suara menggunakan perangkat lunak *Pulse v6*. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Dari data yang didapat, perilaku absorpsi suara pada komposit dapat dianalisa. Semakin besar nilai  $\alpha$ , maka penyerapan dan redaman bunyinya semakin baik. Nilai  $\alpha$  berkisar antara 0 hingga 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, berarti bunyi tidak diserap sedangkan. Jika  $\alpha$  bernilai lebih dari 0 tetapi kurang dari 1, berarti sebagian bunyi diserap dan sebagian dipantulkan atau diteruskan. Jika  $\alpha$  bernilai 1, berarti bunyi diserap seluruhnya. Tabel 4.9 menunjukkan hasil pengujian absorpsi suara pada komposit berpenguat serat kelapa alkali.

Tabel 4.9 Nilai Koefisien Absorpsi Suara PU+CF nonalkalinated

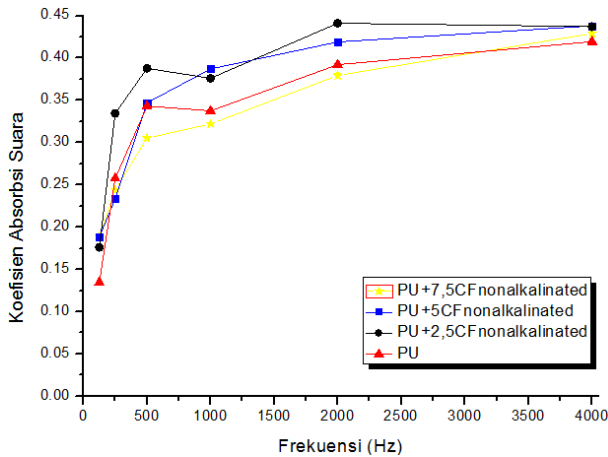
Frekuensi (Hz)	Fraksi Massa (%wt)			
	0	2,5	5	7,5
125	0.135	0.176	0.188	0.189
250	0.258	0.335	0.234	0.244
500	0.343	0.388	0.347	0.305
1000	0.338	0.376	0.387	0.322
2000	0.392	0.441	0.419	0.379
4000	0.419	0.437	0.438	0.429



Tabel 4.9 menunjukkan nilai koefisien absorpsi terhadap frekuensi setiap spesimen berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena perbedaan dari komposisi spesimen tersebut yang menyebabkan perbedaan kerapatan ataupun ketidakhomogenan spesimen tersebut, ketidakhomogenan tersebut disebabkan karena tidak meratanya sebaran serat sehingga berdampak pada nilai koefisien absorpsi.

Dengan penambahan serat maka akan menyebabkan adanya porositas (Abdillah, 2015). Menurut Randall F. Barron (2003), semakin banyak porositas serat pada suatu material, maka penyerapan suara pada frekuensi tinggi akan semakin baik. Menurut Mahzan (2012) dengan penambahan serat pada polyurethane akan menyebabkan nilai  $\alpha$  meningkat. Dapat terlihat bahwa pada komposit Polyurethane berpenguat serat kelapa memiliki nilai  $\alpha$  yang lebih baik daripada Polyurethane murni. Akan tetapi, komposit PU+2,5%CFnonalkali justru memiliki nilai  $\alpha$  yang lebih besar dibandingkan PU+5%CFnonalkali atau PU+7,5%CFnonalkali. Hal ini bisa disebabkan karena ketidakhomogenan spesimen yang diakibatkan penambahan serat (Agung, 2014).

Gambar 4.16 menunjukkan karakteristik kemampuan penyerapan suara keempat spesimen ini mirip pada frekuensi tinggi. Perbedaan koefisien penyerapan suara terlihat berbeda di frekuensi rendah dan sedang tetapi pada rentang frekuensi tinggi perbedaan koefisiennya penyerapan suaranya sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh hubungan antara banyaknya komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi suara. Semakin naik frekuensi, secara umum menyebabkan semakin naiknya nilai absorpsi suara yang menandakan bahwa material tersebut merupakan *porous absorber*. Leleury (2012) mendapatkan hasil bahwa nilai absorpsi pada Polyurethane berjenis *porous absorber*.



**Gambar 4.16** Koefisien Absorpsi Suara PU+CFnonalkalinated

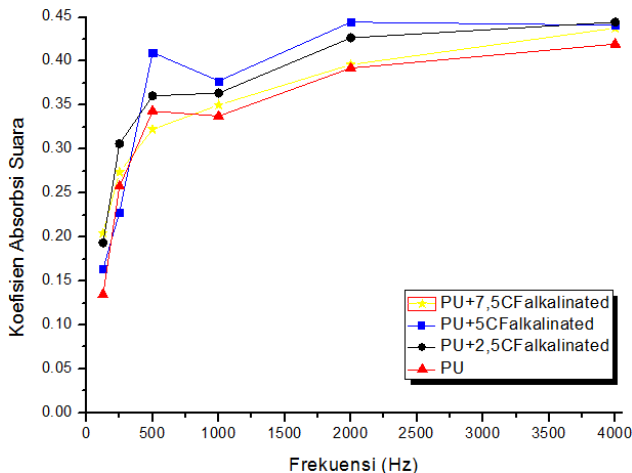
**Tabel 4.10** Nilai Koefisien Absorpsi Suara PU+CFalkalinated

Frekuensi (Hz)	Fraksi Massa (%wt)			
	0	2,5	5	7,5
125	0.135	0.193	0.164	0.204
250	0.258	0.306	0.228	0.274
500	0.343	0.361	0.410	0.322
1000	0.338	0.364	0.378	0.350
2000	0.392	0.427	0.444	0.396
4000	0.419	0.444	0.441	0.438

Gambar 4.17 memiliki karakteristik yang mirip dengan Polyurethane berpenguat serat kelapa nonalkali. Dimana adanya



perbedaan komposisi menyebabkan nilai  $\alpha$  yang berbeda. Karakteristik penyerapannya juga menunjukkan jenis *porous absorber*. Penambahan serat juga menyebabkan nilai  $\alpha$  yang lebih tinggi pada frekuensi tinggi.

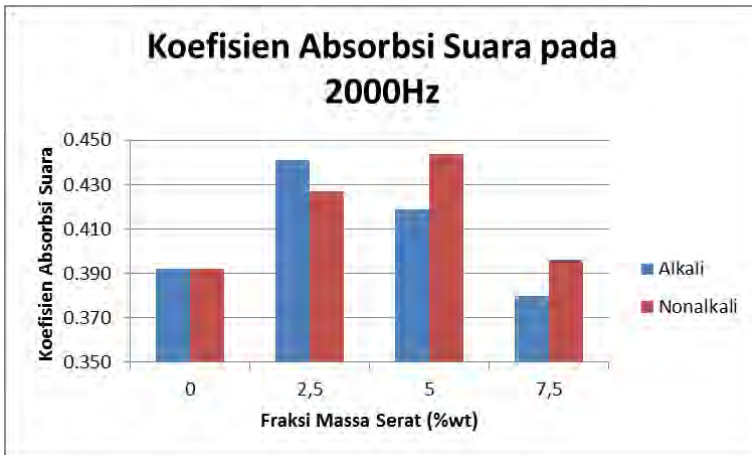


**Gambar 4.17** Koefisien Absorpsi Suara PU+CFalkalinated

Meskipun memiliki karakteristik yang mirip, PU+CFalkalinated memiliki nilai  $\alpha$  yang berbeda dengan PU+CFnonalkalinated. Hal ini disebabkan proses alkali yang menghilangkan lignin pada serat kelapa dengan cara dilarutkan pada larutan basa. Serat yang sudah dilakukan proses alkali mempunyai susunan yang berbeda, sehingga akan menyebabkan karakteristik ikatan yang berbeda jika dicampurkan dengan matriks (Abdul, 2013).

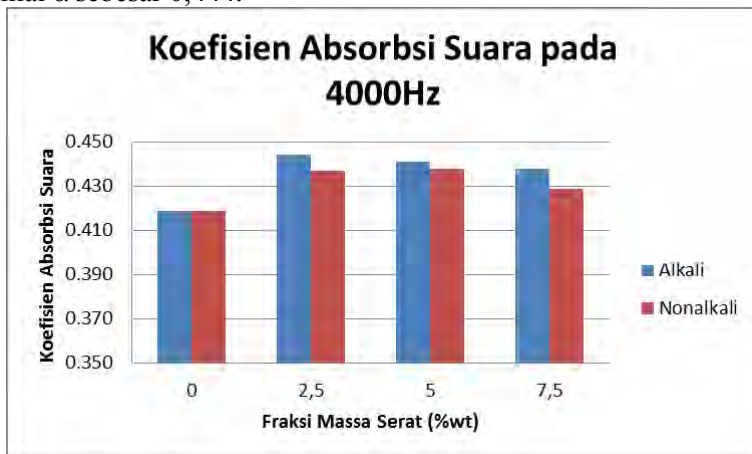
Muffler bekerja dengan frekuensi 2000Hz-4000Hz (Rolf Jebasinski, 2002).. Gambar 4.19 menunjukkan nilai koefisien absorpsi suara komposit pada frekuensi 2000 Hz dimana nilai absorpsi suara terbaik pada frekuensi 2000Hz adalah pada PU+5%CFalkalinated dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0,444





**Gambar 4.19** Nilai Koefisien Absorpsi Suara pada 2000Hz

Gambar 4.20 menunjukkan nilai koefisien absorpsi suara komposit pada frekuensi 4000 Hz dimana nilai absorpsi terbaik pada frekuensi 4000Hz adalah pada PU+2,5CFalklained dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0,444.



**Gambar 4.20** Nilai Koefisien Absorpsi Suara pada 4000Hz



#### 4.6 Analisis Kekuatan Lentur

Komposit serat kelapa pada penelitian ini digunakan untuk aplikasi bahan penyerap suara pada muffler kendaraan bermotor. Pada konstruksinya, bahan penyerap suara ini digunakan menyelimuti pipa silencer pada muffler oleh karena itu diperlukan pengujian kekuatan lentur komposit serat kelapa. Uji bending komposit serat dilakukan di laboratorium farmasi Univeritas Airlangga Surabaya.

Tabel 4.11 menunjukkan nilai kekuatan lentur pada komposit. Penambahan serat kelapa menyebabkan perbedaan kekuatan lentur. Hal ini berarti menandakan bahwa ada pengaruh serat terhadap kekuatan lentur komposit. Komposit dengan penguat serat kelapa nonalkali dengan fraksi massa 2,5% memiliki kekuatan lentur sebesar 1,49MPa, fraksi massa 5% sebesar 2,1MPa dan 7,5% sebesar 3,16Pa. Komposit dengan penguat serat kelapa alkali dengan fraksi massa 2,5% memiliki kekuatan lentur sebesar 7,99MPa, fraksi massa 5% sebesar 10,95MPa dan 7,5% sebesar 8.88MPa.

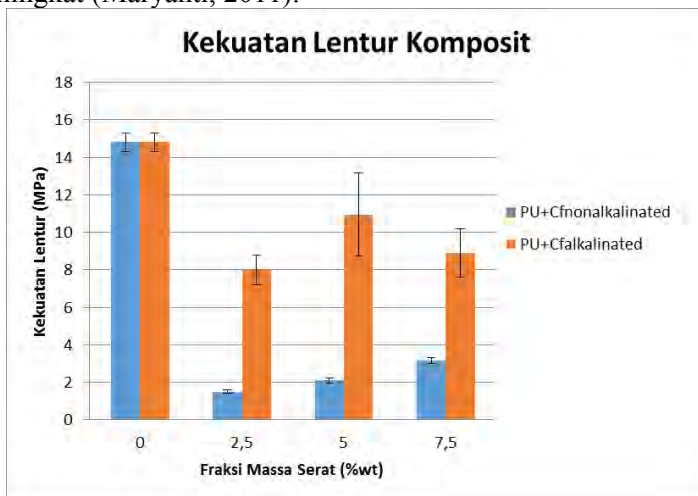
Tabel 4.11 Kekuatan Bending Komposit

Fraksi Massa (%Wt)	Nilai Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	
	Nonalkalinated	Alkaliated
0	14.8±0.51	14.8±0.51
2,5	1.49±0.09	7.99±0.78
5	2.1±0.14	10.95±2.23
7,5	3.16±0.16	8.88±1.29

Gambar 4.21 menunjukkan tren kekuatan lentur pada komposit yang menunjukkan bahwa kekuatan lentur tertinggi dimiliki oleh Polyurethane murni (50PPI:50PPG) sebesar 14,8 MPa. Hal ini dikarenakan polyurethane memiliki foam yang teratur. Adanya foam yang teratur ini menyebabkan kekuatan mekanik menjadi lebih bagus (Anggraini, 2016). Penambahan serat kelapa pada komposit akan menyebabkan kekuatan lentur



meningkat (Astika, 2013). Semakin tinggi densitas dari komposit polyurethane menunjukkan semakin sedikit busa yang terbentuk, dimana busa yang berisi gas memiliki kekuatan mekanik yang lemah (Ashida, 2007). Akan tetapi, pada komposit berpenguat serat kelapa alkali dengan fraksi massa 5% memiliki. Hal ini bisa disebabkan adanya ketidakhomogenan dari komposit, sehingga menyebabkan kekuatan lentur yang berbeda dengan teori (Agung, 2014). Proses alkali juga menyebabkan kekuatan lentur meningkat (Maryanti, 2011).



**Gambar 4.21** Nilai Kekuatan Lentur pada Komposit



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## LAMPIRAN A

### PERHITUNGAN MASSA SPESIMEN

#### O

##### A. Massa Spesimen Absorpsi Suara.

Massa Total = 20gr

- Fraksi Massa 2,5%

Massa Serat =  $0,025 \times 20\text{gr}$  = 0,5gr

Massa Polyol =  $(0,975 \times 20)/2$  = 9,75 gr

Massa Isocyanate =  $(0,975 \times 20)/2$  = 9,75 gr

- Fraksi Massa 5%

Massa Serat =  $0,05 \times 20\text{gr}$  = 1 gr

Massa Polyol =  $(0,95 \times 20)/2$  = 9,5 gr

Massa Isocyanate =  $(0,95 \times 20)/2$  = 9,5 gr

- Fraksi Massa 7,5%

Massa Serat =  $0,075 \times 20\text{gr}$  = 1,5 gr

Massa Polyol =  $(0,925 \times 20)/2$  = 9,25 gr

Massa Isocyanate =  $(0,925 \times 20)/2$  = 9,25 gr

##### B. Massa Spesimen Bending

Massa Total = 10gr

- Fraksi Massa 2,5%

Massa Serat =  $0,025 \times 10\text{gr}$  = 0,25gr

Massa Polyol =  $(0,975 \times 20)/2$  = 4,875 gr

Massa Isocyanate =  $(0,975 \times 20)/2$  = 4,875 gr

- Fraksi Massa 5%

Massa Serat =  $0,05 \times 10\text{gr}$  = 0,5 gr

Massa Polyol =  $(0,95 \times 10)/2$  = 4,75 gr

Massa Isocyanate =  $(0,95 \times 10)/2$  = 4,75 gr

- Fraksi Massa 7,5%

Massa Serat =  $0,075 \times 10\text{gr}$  = 1 gr

Massa Polyol =  $(0,925 \times 10)/2$  = 4,5 gr

Massa Isocyanate =  $(0,925 \times 10)/2$  = 4,5 gr

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN MASSA JENIS

#### A. Menghitung Massa Jenis Polyurethane

- Mencari Volume Polyurethane =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume Polyurethan

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	10.15	2.3	186.0071
2	10.1	2.26	180.9759
3	10.9	2.24	182.5854

- Mencari Massa Jenis Polyurethane = massa/volume

Tabel Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	5.45	186.0071	0.0293
2	5.45	180.9759	0.03
3	5.45	182.5854	0.039849
Rata-Rata			0.029754

#### B. Menghitung Massa Jenis Serat

##### 1. Nonalkali

- Mencari Volume =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume Serat Nonalkali

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	1,46	1,16	1,98
2	1,46	1,15	1,92
3	1,46	1,19	1,94

- Mencari Massa Jenis = massa/volume

Tabel Massa Jenis

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	2,18	1,98	0,93
2	2,16	1,92	0.86
3	2,05	1,94	0.92
Rata-Rata			0.913

2. Alkali

- Mencari Volume Polyurethane =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	1,5	2.3	2,0071
2	1,5	2.26	2,759
3	1,5	2.24	2,5854

- Mencari Massa Jenis Polyurethane = massa/volume

Tabel Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	1,93	2,0071	0,9102
2	1,54	1,59	0,992
3	1,73	1,554	1,34
Rata-Rata			1,1001

C. Massa Jenis Komposit

1. 2,5%CFnonalkali

- Mencari Volume Polyurethane =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume Polyurethan

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	10.15	2.22	187,75
2	10.04	2.13	180,59
3	10.94	2.24	185,854

- Mencari Massa Jenis Polyurethane = massa/volume

Tabel Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	6,85	187,75	0.0293
2	6,85	180,59	0.03
3	6,85	185,854	0.039849
Rata-Rata			0.029754

## 2. 5%CFnonalkali

- Mencari Volume Polyurethane =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume Polyurethan

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	10.15	2.3	186.0071
2	10.1	2.26	180.9759
3	10.9	2.24	182.5854

- Mencari Massa Jenis Polyurethane = massa/volume

Tabel Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	7,44	186.0071	0.0293
2	7,44	180.9759	0.03
3	7,44	182.5854	0.039849
Rata-Rata			0.029754

## 3. 7,5%CFnonalkali

- Mencari Volume Polyurethane =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume Polyurethan

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	10.15	2.3	186.0071
2	10.1	2.26	180.9759
3	10.9	2.24	182.5854

- Mencari Massa Jenis Polyurethane = massa/volume



Tabel Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	6,61	186.0071	0.0293
2	6,61	180.9759	0.03
3	6,61	182.5854	0.039849
Rata-Rata			0.029754

4. 2,5%CFalkali

- Mencari Volume Polyurethane =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume Polyurethan

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	10.15	2.3	186.0071
2	10.1	2.26	180.9759
3	10.9	2.24	182.5854

- Mencari Massa Jenis Polyurethane = massa/volume

Tabel Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	6,13	186.0071	0.0293
2	6,13	180.9759	0.03
3	6,13	182.5854	0.039849
Rata-Rata			0.029754

5. 5%CFalkali

- Mencari Volume Polyurethane =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume Polyurethan

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	10.15	2.3	186.0071
2	10.1	2.26	180.9759
3	10.9	2.24	182.5854

- Mencari Massa Jenis Polyurethane = massa/volume

Tabel Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	6,83	186.0071	0.0293
2	6,83	180.9759	0.03
3	6,83	182.5854	0.039849
Rata-Rata			0.029754

6. 7,5%CFalkali

- Mencari Volume Polyurethane =  $0,25 \times \mu \times D \times D \times t$

Tabel Volume Polyurethan

Spesimen	Diameter	Tebal	Volume
1	10.15	2.3	186.0071
2	10.1	2.26	180.9759
3	10.9	2.24	182.5854

- Mencari Massa Jenis Polyurethane = massa/volume

Tabel Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Massa	Volume	Massa Jenis
1	6,93	186.0071	0.0293
2	6,93	180.9759	0.03
3	6,93	182.5854	0.039849
Rata-Rata			0.029754

- ### A. Hasil Pengujian Absorbsi Suara

- PU+2,5%CFnonalkalinated



Surabaya, 05 Juni 2016

No. 14/PRO/VIBRATIC/VI/16

Hai Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen komposit 95%PU14 dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jum'at, 03 Juni 2016 pukul 02.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 1,5 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen uji**

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0.164159
250	0.228478
500	0.353295
1000	0.372172
2000	0.392797
4000	0.417122

**Kesimpulan**

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada diluar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS

  
**Dr. Dhany Arifianto ST, M.Eng**  
 NIP. 19731007 199802 1 001

Koordinator Yayasan Yon Wicaksono  
 Jurusan Teknik Fisika  
 Fakultas Teknologi Industri  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

- PU+5%CFnonalkalinated



Surabaya, 05 Juni 2016

No : 16/PRO/VIBRATIC/VU/16

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

**SURAT KETERANGAN**

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen komposit 90% PUH dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jum'at, 03 Juni 2016 pukul 02.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 1,5 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0.167428
250	0.287783
500	0.332451
1000	0.368891
2000	0.397503
4000	0.428987

Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada diluar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibasi & Akustik Teknik Fisika ITS

  
**Dr. Dhany Anrianto ST, M.Eng**  
 NIP. 19731007 199802 1 001

Sekretaris Jurusan Vokasional Akustik  
 Jurusan Teknik Fisika  
 Fakultas Teknik Industri  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

- PU+7,5%CFnonalkalinated



Surabaya, 05 Juni 2016

No. : 15/PRO/VIHRATIC/VI/16

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

**SURAT KETERANGAN**

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen komposit 85% PUH dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jam'at, 03 Juni 2016 pukul 02.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 1,5 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0.187221
250	0.292345
500	0.404306
1000	0.378737
2000	0.428417
4000	0.434305

**Kesimpulan**

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada diluar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS

  
**Dr. Dhany Arifianto ST, M.Eng**  
 NIP. 197310071998021001

Laboratorium: Vibrasi & Akustik  
 Gedung Teknik Fisika  
 Fakultas Teknik Industri  
 Universitas ITS  
 Jl. Sukabungah 1, Surabaya

## B. Hasil Uji Bending

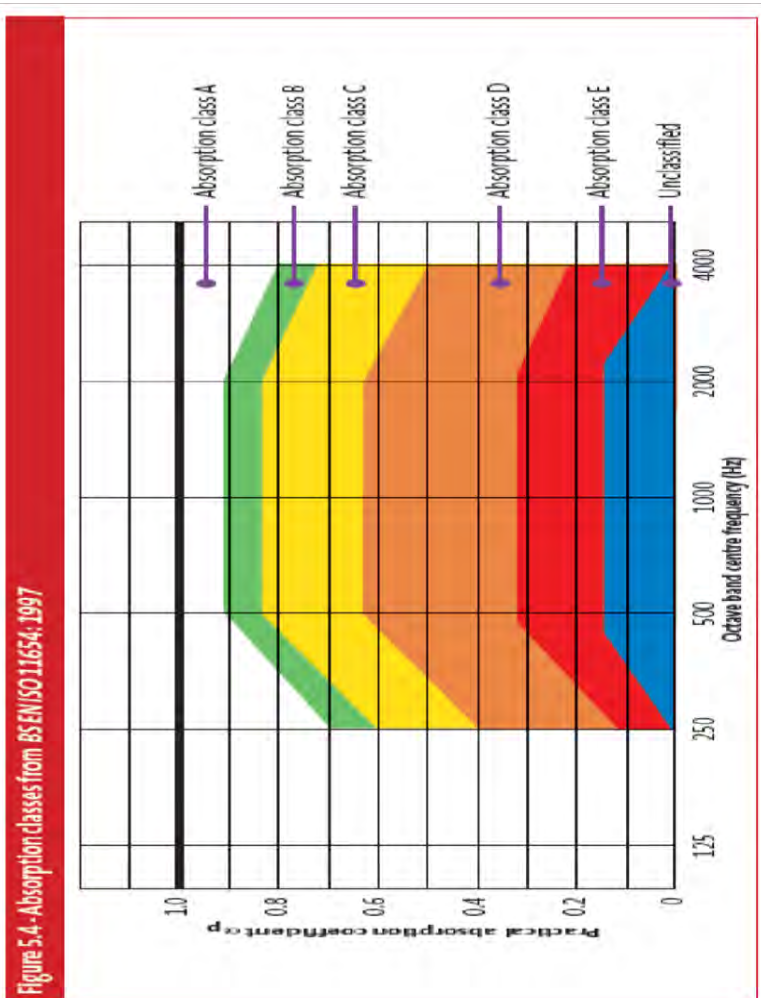
Menghitung Hasil Uji Bending dengan Rumus

$$\sigma_f = (3 PL / 2 bd^2)[1+6(D/L)^2-4(d/L)(D/L)]$$

Spesimen	Fraksi Massa Serat	beban patah (N)	hasil	Rata-rata
Polyurethane	0	0.49	14.499	14.795
		0.52	15.387	
		0.49	14.499	
PU+Cfnonalkalinated	2,5	0.047	1.391	1.489
		0.051	1.509	
		0.053	1.568	
	5	0.07	2.071	2.101
		0.067	1.983	
		0.076	2.249	
	7,5	0.12	3.551	3.610
		0.118	3.492	
		0.128	3.788	
PU+Cfalkalinated	2,5	0.28	8.285	7.989
		0.29	8.581	
		0.24	7.102	
	5	0.3	8.877	10.949
		0.45	13.316	
		0.36	10.653	
	7,5	0.35	10.357	8.877
		0.28	8.285	
		0.27	7.989	

## LAMPIRAN D STANDARD

### Absorpsi Suara : ISO 11654:1997





# Kekuatan Lentur ASTM D790

Home

About Us

Site Map

Search Info

Testing

Industries

Terms & Descriptions

Videos of Tests

Types of Tests

Test Specimens

Turnaround Times

Quality

Contact Us

Request Information

Directions & Location

Job Opportunities

Services & Tech Info

FAQs

Webinars

Test Briefs


Industry Segments

Industry Pages

Industry Segments

Internal PTL View


ASTM D790, ISO 178



ASTM and ISO specify somewhat different parameters for this test

[Click on the picture for a larger view](#)

To request a quote for this test or others [Click Here](#)



**Scope:**

The flexural test measures the force required to bend a beam under three point loading conditions. The data is often used to select materials for parts that will support loads without flexing. Flexural modulus is used as an indication of a material's stiffness when flexed. Since the physical properties of many materials (especially thermoplastics) can vary depending on ambient temperature, it is sometimes appropriate to test materials at temperatures that simulate the intended end use environment.

**Test Procedure:**

Most commonly the specimen lies on a support span and the load is applied to the center by the loading nose producing three point bending at a specified rate. The parameters for this test are the support span, the speed of the loading, and the maximum deflection for the test. These parameters are based on the test specimen thickness and are defined differently by ASTM and ISO. For ASTM D790, the test is stopped when the specimen reaches 5% deflection or the specimen breaks before 5%. For ISO 178, the test is stopped when the specimen does not break, the test is continued as far as possible and the stress at 3.5% (conventional deflection) is reported.

**Elevated or Reduced Temperature Test Procedure:**

A thermal chamber is installed on the universal test machine. The chamber is designed to allow the test mounts from the base and crosshead of the universal tester to pass through the top and bottom of the chamber. Standard test fixtures are installed inside the chamber, and testing is conducted inside the controlled thermal environment the same as it would be at ambient temperature. The chamber has internal electric heaters for elevated temperatures and uses either gas or a coolant for reduced temperatures.

**Specimen size:**

A variety of specimen shapes can be used for this test, but the most commonly used specimen size for ASTM is 3.2mm x 12.7mm x 125mm (0.125" x 0.5" x 5.0") and for ISO is 10mm x 4mm x 80mm.

**Data:**


Flexural stress at yield, flexural strain at yield, flexural stress at break, flexural strain at break, flexural stress at 3.5% (ISO) or 5.0% (ASTM) deflection, flexural modulus. Stress/Strain curves and raw data can be provided.

**Equipment Used:**

Universal Tester

Online chat now

Berapa balok korek yang anda lihat?



Jawab sekurang dan menjangkau Blackberry Q10!

## **BAB V**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Proses alkali akan menghilangkan lignin pada serat. Dan pada komposit tidak terjadi reaksi kimia antara matriks dan serat.
2. Pori yang dihasilkan pada Polyurethane adalah closed cell. Dengan penambahan serat akan menyebabkan pori menjadi tidak teratur dan berukuran kecil
3. Massa jenis komposit meningkat seiring pertambahan serat. Komposit PU+CFalkalinated memiliki massa jenis yang lebih tinggi daripada PU+CFnonalkalinated
4. Karakteristik penyerapan suara pada Polyurethane, PU+CFalkalinated dan PU+CFnonalkalinated adalah *porous absorber*. Nilai  $\alpha$  tertinggi adalah pada PU+5%CFnonalkalinated dan PU+CF2,5%CFalkalinated dengan nilai sebesar 0,4444
5. Polyurethane memiliki kekuatan bending yang lebih tinggi dibandingkan komposit berpenguat serat kelapa. Semakin besar fraksi massa serat pada komposit menyebabkan kekuatan lentur meningkat. Serta proses alkalisasi menyebabkan kekuatan lentur menjadi lebih tinggi

#### **5.2 Saran**

1. Dalam pembuatan harusnya memperhatikan distribusi dari serat.
2. Perbandingan Polyol dan Isocyanate diubah sehingga menghasilkan open cell agar koefisien absorpsi suara lebih baik.



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Fakhreza dan Hosta Ardhyana. 2013. Studi Dan Karakterisasi Serat Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*), Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*), Bambu Kuning (*Bambusa Vulgaris Schard*) Dan Bambu Hitam (*Gigantochloa Atroviolacea*). Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Astika, I Made dkk. 2013. *Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa*. Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.6 No.2, Oktober 2013: 95-202
- ASTM D790. *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorption of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system*. ASTM Subcommittee E33.01
- Autar, K. Kaw., (2006), *Mechanics of Composite Materials*. University of South Florida, Tampa. Taylor & Francis Group, hal 2.
- Abdillah, Mustamir dan Moh. Farid. 2016. *Studi Material Poliester- Gypsum Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Bambu Betung untuk Aplikasi Bahan Akustik Yang Tidak Mudah Terbakar*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. *Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Alldi, Nurisiyanoro dan Moh. Farid. 2015. *Pengaruh Komposisi Serat Bambu Betung dan Ampas Tebu Terhadap Morfologi*

*Komposit Bermatriks Gypsum sebagai Aplikasi Sound Absorption Material*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.

ASM Metal Handbook Vol. 21

Bruel & Kjaer.1986.Noise *Control Principles and Practices 2nd Edition*. Denmark: Naerum Offset.

Bujang I.Z., dkk. 2007. *Study On The Dynamic Characteristic Of Coconut Fibre Reinforced Composites*. Johor

Chalwa, Khrisan K. 2011. *Material composite*. Birmingham : Springer.

Chan, Wen Shan, dkk. 2012. *Study of Flexible Polyurethane Foams Reinforced with Coir Fibres and Tyre Particle*. International Journal of Applied Physics and Mathematics, Vol. 2, No. 2, March 2012

Doelle, L. L. 1972. *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.

Eriningsih Rifaida. 2009. *Komposit Serat Rami dan limbah Rami sebagai Bahan Absorpsi Suara*.

Farid, M., H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, 2015. *Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre*. Advanced Materials Research. Vol.1112, pp. 329-332.

Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material*. New York: McGraw-Hill Inc.

Heryson, Godlief. 2011. *Diktat Pemilihan Bahan dan Proses*. Kupang

Himawanto DA. 2007. *Karakter Panel Akustik Sampah Kota pada Frekuensi Rendah dan Frekuensi Tinggi Akibat Variasi Kadar Bahan Anorganik*. Jurnal Teknik Gelagar, Vol. 18, No.1 April 2007: 19-24

Howard R.L., E. Abotsi, E.L.J. van Rensburg and S. Howard. 2003. *Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production*. Afr. J. Biotechnol. 2.

Howard, David M, Angus, Jamie AS. 2009. *Acoustics and Pshycoacoustic*. Burlington : Focal Press.

- Jorge P. Arenas and Malcolm J. Crocker , 2010. *Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials* , University Austral of Chile, Valdivia, Chile and, Auburn University, Auburn, Alabama, Sound and Vibration.
- K. van Rijswijk, M.Sc, et.al. 2001. *Natural Fibre Composites Structures and Materials*. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology.
- Kartikasari, Yohana Maya dkk. 2012. *Pembuatan Komposit Serat Serabut Kelapa Dan Resin Fenol Formadehide Sebagai Material Peredam Akustik*. Jurnal Berkala Fisika Vol. 15, No. 3, Juli 2012, hal 87- 90
- L. Ting, M. LiangLiang, L. Fuwei, J. Wuzhou, H. Zhaobo and F. Pengfei, 2011. *"Preparation, Structure, and Properties of Flexible Polyurethane Foams Filled with Fumed Silica"*. Journal of Natural Sciences, vol. 16, no. 1, pp. 029-032, 2011.
- Lee, Y and Changwhan, J. 2003. *Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers*. AUTEX Research Journal. Vol. 3, No.2.
- Leleury, Zeith Arthur dkk. 2012. *Solusi Teoritis Kekakuan Dinamik Untuk Prediksi Koefisien Absorpsi Bunyi Dari Busa Poliuretan*. Prosiding Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta
- Leonard, Johannes dkk. 2013. *Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Dalam Uji Fourier Transform Infrared Pada Komposit Termoplastik Berpengisi Serbuk Serabut Kelapa*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 2.
- Lokantara Putu, Suardana, N P G, (2007), Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis Serta Rasio Epoxy Hardener Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Vol. 1 No. 1, (15-21).
- Mariyati, Budha dkk. 2011. *Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.2, No. 2 Tahun 2011 : 123-129

- Mediastika, E Christina. 2005. *Akustika Bangunan*. Jakarta : Erlangga.
- Mediastika, E Christina. 2009. *Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan*. Yogyakarta.
- Pamungkas, Sigit. 2012. Analisis Penggunaan Knalpot Model Standar Terhadap Kinerja Mesin 4 Langkah 100cc dan 125cc. Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Peter, S. T. 2002. *Composite Materials and Processes*. In: *Harper, C. A. Ed. Handbook of Plastics, Elastomers, & Composites*. 4th ed. N. Y.: McGraw-Hill Companies, Inc
- Potente, Daniel. 2005. *General Design Principle for an Automotive Muffler*
- Pranoto, Aji. 2012. Efek Perubahan Ukuran Diameter Header Knalpot Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Akselerasi Pada Sepeda Motor 4 Tak. Yogyakarta
- Rahman, M. dkk. 2005. *Design and Construction of Muffler for Engine Exhaust Noise Reduction*. Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineering
- Rahmawati, Tri Istiqomah dkk. 2012. Pembuatan Polyurethane Foam Dengan Menggunakan Castor Oil (Minyak Jarak Kepyar). Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia ITS Surabaya
- Ruijgork GJJ. 1993. *Elemen of Aviation Acoustics*. Delft University Press.
- Sakti, Yahma Muhammad. 2013. *Pengaruh Penggunaan Blowing Agent Methylene Chloride Dan Karbondioksida Terhadap Struktur Polyurethane Foam*. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, (2013) 1-3
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc
- Shoshani, Y. Z. 2011. *Effect of Nonwoven Bacing on the Noise Absorption Capacity of Tufted Carpets*. Textile Research Journal, 60, 452-456
- Suban, Stefanus Laga dan Moh. Farid, 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara

- dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya : ITS Press.
- Suptandar, J. Pamudji. 2004. *Faktor Akustik dalam Perancangan Desain Interior*. Jakarta: Djambatan
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Widhihantoro, Arif. 2013. *Pengukuran Koefisien Absorpsi Bunyi dari bahan Ampas tebu dengan Metode ruang Akustik Kecil*. Tugas Akhir Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Kristen Satya Wacana.
- Wirajaya A. 2007. *Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alami Sebagai Absorber Suara*. ITB BANDUNG



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## **BIODATA PENULIS**



Penulis bernama lengkap Yusuf Sultoni dilahirkan di kabupaten Bojonegoro pada tanggal 18 Januari 1995. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Ngadiluhur 2 Bojonegoro, SMP Negeri 1 Bojonegoro, dan SMA Negeri 2 Bojonegoro. Lulus SMA tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) FTI-ITS sebagai staff Departemen Keprofesian dan Kesejahteraan Mahasiswa (2013-2014) dan sebagai Ketua HMMT (2014-2015). Selain itu penulis juga aktif sebagai Ketua Forum Komunikasi Pemandu Fakultas Teknologi Industri (2013-2015) dan organisasi sosial Laskar Pemuda. Penulis melaksanakan kerja praktek di PT Dirganatara Indonesia. Selama kuliah di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS, penulis juga aktif membuat karya tulis dan pernah menjadi delegasi pada Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Tahun 2014 di Universitas Diponegoro Semarang.